



L'analyse économique des normes : représentation et traitement des interactions dans les modèles de simulation

Yves Saillard

► To cite this version:

Yves Saillard. L'analyse économique des normes : représentation et traitement des interactions dans les modèles de simulation. 2004. halshs-00104866

HAL Id: halshs-00104866

<https://shs.hal.science/halshs-00104866>

Submitted on 9 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CAHIER *de* RECHERCHE

Analyse économique de la Dynamique des Normes Sociales

2004 # 1

L'analyse économique des normes Représentation et traitement des interactions dans les modèles de simulation

Yves SAILLARD

Décembre 2004



Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale – FRE2664
UPMF-BP47 - 38040 GRENOBLE Cedex 9
lepii@upmf-grenoble.fr Tél. : 04 76 82 56 92
<http://www.upmf-grenoble.fr/lepii>

L'analyse économique des normes Représentation et traitement des interactions dans les modèles de simulation¹

Yves SAILLARD (CNRS – LEPII)

Document de travail - AeDNs 2004-01

Mots-clefs : Normes, interactions, systèmes adaptatifs, simulation multi-agents

Keywords : Norms, interactions, adaptative systems, Agent Computational Economics

¹ Ce texte a été rédigé dans le cadre d'un groupe de travail constitué autour du programme « Analyse économique de la dynamique des normes sociales. L'apport des approches en termes de systèmes complexes », financé par la MSH Alpes.

Les documents de travail de la série AeDNs du LEPII se proposent de procéder à une revue des recherches récentes menées dans le domaine de l'analyse économique des normes. Ils visent également à expliciter les apports de cette approche dans divers domaines d'économie appliquée : la construction de réseaux industriels, les politiques publiques, la gouvernance internationale ou l'évolution de la relation salariale.

The Collection of Working Papers « AeDNs » intends to offer a review of recent developments in the field of the Economic Analysis of Norms. They also aim at showing how the Economic Analysis of Norms can be used in applications and empirical studies : industrial networks, public policy, international governance and labour-management relations.

L'analyse économique des normes Représentation et traitement des interactions dans les modèles de simulation

Les domaines où interviennent les normes dans les comportements individuels sont *a priori* très divers et concernent aussi bien, pour reprendre la liste de J. Elster, les modes de consommation, les habitudes de vie, les comportements culturels, les interdits sociaux, les règles qui partagent les sphères marchande et non marchande, les comportements de dons contre dons et de réciprocité, la relation entre l'effort et la rémunération formalisée par les théories du salaire d'efficience, les compromis sur le partage des revenus¹.

Un certain nombre de travaux récents contribuent à élaborer les instruments d'une "analyse économique des normes". Pour ces approches, les normes sont d'abord le produit des comportements individuels et constituent ensuite une référence pour ces comportements.

La prise en compte des normes implique une conception des comportements individuels qui s'écarte des hypothèses de rationalité "parfaite". La rationalité des individus est limitée du fait de leur information incomplète et de leurs capacités cognitives restreintes. Ces imperfections sont en partie comblées par l'existence de normes, mais avec le risque que ces normes, qui ne sont pas inspirées par les seuls critères d'une rationalité individuelle parfaite, entraînent les individus hors des situations optimales, et sans espoir de s'en rapprocher.

Les normes ainsi prises en compte n'épuisent pas toutes les institutions et se différencient en particulier des règles ou des lois qui relèvent de l'autorité publique. Elles se différencient aussi des contrats qui codifient des échanges bilatéraux. En même temps, normes, règles, lois et contrats, sont des formes successives ou complémentaires d'instruments de coordination.

Evoquer une analyse "économique" signifie que la question des normes et de leur relation aux comportements individuels étant posée, il ne s'agit pas de construire une théorie générale des normes. Tout en s'appuyant sur des analyses d'autres disciplines, il s'agit avant tout de contribuer à la compréhension de décisions économiques relatives aux échanges de biens et de services ou aux organisations. Il ne s'agit pas cependant de délimiter *a priori* ce qui relèverait du champ de l'analyse économique, mais d'indiquer d'emblée que, procédant à une analyse économique, on ne peut avoir la prétention d'intégrer tous les éléments pertinents pour rendre compte de l'émergence et de l'évolution de ce que l'on qualifie de "normes", même dans le champ d'analyse que se fixe la discipline de l'économie.

L'ensemble des travaux que l'on regroupe sous la même dénomination d'"analyse économique des normes" sont relativement dispersés. Ce qui fait leur point commun est qu'ils se

¹ Elster J. (1989).

revendiquent de l'individualisme méthodologique et qu'ils donnent lieu à des modélisations de l'interaction entre les acteurs. La présentation qui en est faite ici vise moins la rédaction d'un "survey" que l'indication des hypothèses principales et des options de recherche choisies.

Après avoir précisé les termes d'une convergence de travaux récents vers une analyse économique des normes, on se concentre sur deux grands axes de ces approches : les démarches « analytiques » qui reposent sur des modèles stochastiques, et les simulations multi-agents.

L'analyse économique des normes

Les travaux que l'on regroupe dans l'« analyse économique des normes » participent du renouvellement par la microéconomie moderne du paradigme walrasien. Contributeur important de cette évolution, Bowles conserve par exemple de ce paradigme une analyse centrée sur des comportements d'individus en interaction, qui poursuivent sous contrainte des objectifs personnels, et dont les actions sont en partie imprévisibles. Il abandonne par contre les diverses simplifications qui font des individus de simples maximisateurs de revenu, pleinement informés, agissant dans un environnement sans institution réelle, sans apprentissage dans le temps, avec les prix pour indicateur unique de l'action des autres².

Le renouvellement du paradigme walrasien passe chez Bowles par trois grandes hypothèses³ :

- La prise en compte des interactions sociales qui ne sont pas codifiées par des contrats ;
- Une compréhension des comportements adaptatifs des individus ;
- Les rendements croissants généralisés, ou les *feedbacks* positifs.

Les interactions sociales régies autrement que par les contrats sont plus la règle que l'exception, que ce soit dans des contextes marchands ou non marchands. Elles sont organisées par des normes et des relations de pouvoir. L'expérience passée est déterminante pour les décisions individuelles, de même que l'observation de ce que les autres font (ce que signale la notion de « préférences sociales »). Les capacités individuelles d'observation et d'apprentissage et leurs références diverses introduisent de fortes hétérogénéités des comportements. Mais on doit surtout considérer que les préférences et les représentations individuelles sont endogènes aux interactions entre les individus et avec leur environnement, et ne sont pas des données préalables aux processus de décision. Enfin, les actions individuelles enclenchent des processus sociaux irréductibles à une agrégation simple : les effets d'amplification, les interdépendances entre institutions, les évolutions imprévisibles.

Cette conception de l'analyse microéconomique incite aussi à un renouvellement méthodologique vers une démarche pluridisciplinaire et à un retour aux observations empiriques.

Les travaux regroupés ici en termes d'« analyse économique des normes » participent à ce mouvement général du renouvellement de la microéconomie.

Les hypothèses générales de l'« analyse économique des normes » :

De nombreuses recherches récentes, menées dans le cadre de l'individualisme méthodologique, portent sur la notion de norme. Elles se sont développées à partir de travaux tels que ceux de J. Elster, R. Sugden, ou de P.H. Young. Elles fondent ce que l'on convient de

² (Bowles, 2004).

³ Prologue de l'ouvrage de S. Bowles, 2004.

désigner ici comme une « analyse économique des normes », dont on caractérise les grandes hypothèses.

La norme est une notion distincte à la fois du contrat et de la loi. Un contrat codifie des arrangements bilatéraux. La loi émane d'une autorité centrale. La notion de norme indique quant à elle une référence pour les modes de comportement des agents économiques.

Les normes sont d'abord des prescriptions de comportement (il faut ou il est conseillé d'agir de telle façon) qui s'affranchissent d'une justification rationnelle. Peut-être que se conformer à une norme donnée a pu correspondre à un comportement rationnel mais on ne se pose plus la question. De ce fait on économise du temps et de la réflexion. Les acteurs sont rationnels mais pas au sens d'une approche standard définie par une axiomatique de rationalité parfaite (Sugden, 1989). Suivre les prescriptions d'une norme peut être rationnel au sens où cela permet d'agir au mieux compte tenu de l'information disponible et du coût qu'impliquerait un comportement alternatif. Les acteurs ont des capacités cognitives limitées mais ils s'appuient, dans ces limites, sur tout ce qui peut leur permettre de prendre les "bonnes" décisions : ce qu'ils savent des décisions des autres acteurs et leur propre expérience. L'existence de normes permet d'anticiper plus facilement le comportement des acteurs avec lesquels on interagit.

La rationalité des agents est limitée selon un premier sens qui tient à ce que leur comportement effectif n'est pas toujours conforme aux principes de rationalité, notamment de la maximisation de l'intérêt monétaire, et à ce que la rationalité subit des "discontinuités". Les agents peuvent se tromper et même prendre à l'occasion des décisions de façon aléatoire. Mais plus profondément, il s'agit d'admettre que certains comportements peuvent être incompréhensibles, relever d'une rationalité qui n'est pas explicitée ou qui n'entre pas dans nos schémas d'analyse.

La rationalité des agents est aussi limitée quant à leurs capacités cognitives. P.H. Young a ainsi explicité l'impact décisif des hypothèses concernant l'étendue de la mémoire des agents (jusqu'où remontent les observations qu'ils peuvent mobiliser sur les décisions passées?) et leur niveau d'information (quelle est la dimension des informations que les agents peuvent effectivement solliciter parmi toutes celles qui sont disponibles ?⁴

Une norme n'est ni une simple contrainte qui serait strictement exogène aux décisions individuelles, ni le résultat de la seule poursuite de l'intérêt personnel (Elster, 1989). La contrainte sur le comportement individuel vient de ce que le non-respect de la norme entraîne au moins une désapprobation et éventuellement des sanctions de la part d'autres acteurs. Se comporter selon des normes ne signifie pas les suivre mécaniquement. Elles sont nécessairement interprétées. La distance entre la norme et l'intérêt personnel immédiat n'exclut pas la manipulation de normes à son profit.

Les contraintes que fixe une norme ne sont pas imposées par un Etat, ce qui n'exclut pas que les acteurs organisent un dispositif de contrôle du respect de la norme. Mais l'adhésion à la norme implique des effets d'auto-renforcement qui suffisent à la faire respecter. En cela, la norme se distingue de la loi.

Une norme établit les moyens d'une coordination durable entre acteurs et non pas limitée à une action. Sur ce point, la norme se différencie du contrat. De plus, une norme est établie et

⁴ Paramètres "m" et "s" de P.H. Young (1996).

fonctionne pour un nombre indéfini d'acteurs, et pas seulement dans un arrangement bilatéral. Les normes ne font pas l'objet d'une codification explicite et évoluent sans intervention délibérée des acteurs (Sugden, 1989).

Les normes sont une production sociale. Elles ne sont pas un comportement décidé par un individu (rationnel ou non, ce n'est pas la question sur ce point), mais le comportement suivi par des individus en interaction. La référence à ce que font d'autres individus est ancrée dans la notion de norme. C'est ce qui fait que suivre une norme ne peut être ramené à la seule poursuite d'habitudes personnelles. De façon générale, les autres importent dans les choix individuels, ce qui peut inciter à l'imitation et au conformisme ou à la distinction; les réactions des autres à son propre comportement doivent aussi être prises en compte (Elster, 1989).

La densité des interactions est décisive dans la production sociale d'une norme. Des sociétés ou des groupes d'acteurs qui ne sont pas en forte interaction sont portés à adopter des normes différentes pour un même problème (Young, 1989). Plus précisément, l'organisation des interactions et la structure des voisinages entre acteurs, sont décisives pour l'adoption d'une norme plutôt qu'une autre, pour la rapidité avec laquelle la norme s'impose et pour sa stabilité.

Suivre une norme indique une appartenance sociale. Lorsqu'un agent se comporte conformément à une norme, son acte ne résulte plus à proprement parler d'un comportement strictement individuel : c'est l'acte d'un individu en tant qu'il appartient à une société qui valide cette norme. Et ce indépendamment de la façon dont cette règle est respectée : à l'aide ou non de sanctions. Mais la production sociale de la norme ne lui confère pas une "rationalité collective" qui signifierait que les acteurs concernés ne faisant qu'un aboutiraient à des résultats optimaux. Les rationalités des acteurs entrant en interaction sont diverses. Une norme peut s'imposer sans être soutenue par l'unanimité des acteurs. Les acteurs n'ont pas nécessairement la même appréciation de l'utilité sociale d'une norme. Par ailleurs, ce ne sont pas nécessairement les arrangements les plus efficaces qui s'imposent. L'utilité sociale des normes n'est même pas nécessairement démontrable.

La production sociale de normes est largement incertaine. Les interactions entre acteurs donnent lieu à des tâtonnements⁵ et éventuellement à des régularités et à des convergences. Les normes résultent de ces confrontations à répétition qui révèlent les choix des acteurs et forgent un mode de comportement admissible. Les interactions ne se développent pas nécessairement en termes de négociation (ce qui est le propre des contrats) mais en appellent à des croyances communes ou à des références culturelles partagées (Sugden, 1989). De ce point de vue, présenter une norme comme la solution à un problème d'équilibres multiples est un détour inutile : il n'est pas nécessaire de supposer que les acteurs sont d'abord rationnels au sens strict avant de faire appel à des hypothèses de comportement plus réalistes pour finalement justifier le recours à une convention.

L'innovation propre aux normes est largement imprévisible du fait de sa production interactive et de l'incertitude partielle des comportements individuels. Elle est souvent très liée à son contexte dans la mesure où il s'agit d'appliquer, éventuellement par analogie, quelques principes simples de comportement, déjà éprouvés dans d'autres circonstances (Sugden, 1989) et d'appliquer des « recettes » qui ont marché ailleurs.

⁵ Des déviations aussi qui peuvent apparaître comme des expérimentations (Sugden, 1989).

Dans ce cheminement vers une norme et dans ces transformations, il n'y a pas de déterminisme. Cette incertitude tient aussi bien au jeu ouvert des interactions qu'au comportement même des acteurs qui ne se soumettent pas nécessairement à des calculs rationnels prévisibles. Une norme s'impose et se maintient par l'adhésion qu'elle suscite, et c'est son premier critère d'efficacité : réussir la coordination, et non pas atteindre un optimum social⁶. Le succès va au succès, c'est-à-dire qu'il y a un effet boule de neige de soutien à une norme, indépendamment d'une efficacité définie en termes strictement économiques.

Les normes ont une existence propre. Elles connaissent des phases d'émergence, de stabilisation et de contestation lorsque leur fonction de coordination n'est plus remplie. Elles peuvent être déstabilisées par la concurrence de règles de comportement alternatives. Mais il n'y a aucune relation simple entre le maintien d'une norme et son efficacité. Les normes s'accompagnent éventuellement dans ces différentes phases de dispositifs de contrôle et de sanction variables.

Une autre caractéristique des normes qui en fait des objets sociaux tient à ce que leur efficacité s'apprécie le plus souvent en interdépendance et non pas norme par norme. Ainsi, pour J. Elster, l'utilité d'une norme peut tenir davantage à son interaction (pas nécessairement programmée) avec d'autres normes, qu'à ce qu'elle apporte cette norme en elle-même. L'évaluation d'une norme renverrait alors à la construction de cohérences socio-économiques. De plus, les diverses normes s'élaborent dans une relative incertitude, ce qui n'exclut pas les incohérences et les conflits de normes⁷. Lorsque l'émergence et la transformation des normes sont analysées norme par norme, on aboutit alors nécessairement à une approche des institutions incomplète.

La représentation des interactions au cœur de l'analyse économique des normes

L'analyse économique des normes, bien que fondée sur les hypothèses de l'individualisme méthodologique, doit produire, même sous une forme très simplifiée, une représentation du jeu social. Un des intérêts des travaux récents sur les normes sociales est qu'ils permettent d'envisager un déplacement de l'analyse de l'émergence et de l'évolution des normes des facteurs exogènes et des éléments de contexte vers les jeux d'interaction sociale.

Les niveaux d'observation de l'individu et du système social formé par les individus sont distingués. Ce que l'on observe au niveau global résulte de l'interaction des agents et relève d'une évaluation propre, irréductible aux évaluations auxquelles procède un agent de ses propres actions ou des actions conjointes des autres agents. Cette distinction entre l'évaluation individuelle et l'évaluation globale est indépendante des hypothèses sur la rationalité des agents⁸.

La complexité de l'organisation sociale et de la confrontation des actions individuelles n'est pas inscrite dans les comportements individuels. Schelling indiquait déjà que des comportements "spontanés" peuvent finalement conduire à des résultats globaux qui ne sont pas si mauvais. Des hypothèses de rationalité sophistiquées ne sont pas nécessaires à l'analyse

⁶ Ce qu'indique R. Sugden en soulignant qu'une norme est jugée de l'intérieur, par les acteurs que cette norme coordonne, et pas de l'extérieur, sur des critères d'efficacité ou de bien-être collectif (Sugden, 1989).

⁷ (Elster, 1989).

⁸ "How well each does for himself in adapting to his social environment is not the same thing as how satisfactory a social environment they collectively create for themselves", (Schelling, 1978; p.19).

économique des normes. On peut souhaiter cependant prendre davantage en compte cette complexité par des hypothèses de structuration sociale, de hiérarchie ou d'inégalité entre agents. Il semble bien évident que la démarche proposée par Schelling qui de l'observation des comportements conduit par inférence à expliciter un système puis à en évaluer les conséquences, implique une représentation *a priori* du jeu social.

Les hypothèses sur la rationalité des acteurs sont fortement liées à la représentation que l'on se donne des interactions entre agents. Le passage d'une rationalité limitée à une rationalité située est au moins implicite. Solliciter les capacités cognitives des individus entraîne des hypothèses de rationalité "située". On peut en effet assez naturellement considérer que les capacités cognitives des individus reposent sur des expériences communes ou sur un fond culturel partagé. La complexification des hypothèses concernant la rationalité des individus est ainsi fortement liée à la prise en compte de l'appartenance sociale des individus et des modes d'interaction sociale. C'est notamment l'expérience des individus qui va former les bases de l'information sur laquelle les décisions vont être prises. Or cette expérience, qui repose bien sur des qualités individuelles, se construit par des échanges organisés selon des structures sociales. Le niveau et la qualité de l'information mobilisée par les individus sont eux-mêmes les indicateurs d'une organisation sociale et des modes d'accès à l'information. Par ailleurs, les anticipations par les individus des implications de leurs décisions, sont fonction de réseaux d'incidence fondés sur une organisation sociale. On peut considérer que les interactions entre agents économiques ne sont pas désordonnées mais organisées par leur appartenance à une société.

Une complémentarité devrait donc être construite avec des analyses structurelles qui explicitent justement des modes d'interaction entre acteurs économiques faisant apparaître des hiérarchies, des éléments de rapport de force, des relations sociales construites et contextualisant les modes d'interaction inter-agents. Il serait assez naturel de s'appuyer sur ces analyses pour fonder les représentations des interactions à la base de l'émergence et de l'évolution des normes. Les travaux que l'on regroupe sous la dénomination d'"analyse économique des normes" sont cependant encore assez largement étrangers à cette préoccupation et les modes d'interaction proposés sont encore très schématiques.

Une caractérisation microéconomique des interactions sociales

La théorie des jeux a développé sa taxinomie des interactions sociales. Elle s'ordonne autour de deux grands axes : l'opposition coopération / non coopération et communauté d'intérêt / conflit (Bowles, 2004). La première dimension indique si l'ensemble des actions et de leurs effets en jeu dans les interactions entre les acteurs, sont soumis ou non à des accords contraignants. La seconde dimension distingue les configurations d'interactions sociales selon la convergence ou l'opposition des intérêts individuels⁹. Ces critères concernent les situations d'interactions sociales dans leur contexte institutionnel et préétabli du jeu social.

La démarche de Charles F. Manski a quant à elle l'intérêt de clarifier la conceptualisation des processus d'interaction, à partir de la représentation microéconomique des acteurs (Manski, 2000). Les interactions concernent des agents, c'est-à-dire ceux qui prennent des décisions, que ce soient des consommateurs, des entreprises ou des gouvernements ou d'autres entités.

⁹ (Bowles, 2004 ; pp. 35-40). L'opposition communauté d'intérêts / conflit est extrême dans la forme pure des jeux d'intérêt commun, avec un résultat optimal au sens de Pareto et tous les autres résultats ordonnés selon le critère parétien, et des jeux de conflit, où tous les résultats possibles sont optimaux au sens de Pareto.

Les modes d'interaction entre agents sont alors caractérisés selon les attributs d'un agent : sa fonction d'utilité, la représentation du comportement des autres agents qui fondent ses anticipations, et les espaces de choix qui lui sont ouverts et qui contraignent ses décisions.

Trois modes d'interaction élémentaires (qui peuvent se combiner) sont ainsi possibles.

Les interactions passent d'abord par la modification de l'espace des choix possibles des agents. Les échanges sur les marchés sont de ce type. La confrontation des offres et des demandes fixe les prix et les quantités échangées sous contrainte budgétaire. Les phénomènes d'encombrement imposent de même une dépense (de temps), sous contrainte de l'équivalent d'un budget (budget temps). L'interaction tient à une répartition qui fait que ce qui est disponible pour certains agents ne l'est plus pour d'autres ; elle peut élargir aussi les choix possibles¹⁰.

Les interactions liées aux anticipations donnent lieu à des apprentissages sur les informations dont disposent les agents pour fonder leurs choix. Les agents observent les actions des autres agents qui révèlent des informations privées. Un exemple représentatif de ces interactions concerne les achats de police d'assurance qui révèlent un niveau de risque connu de l'agent qui s'assure.

Les ordres de préférence d'agents peuvent enfin être modifiés à la suite d'actions d'autres agents. C'est le cas lorsque l'utilité d'un agent dépend des actions choisies par d'autres agents, qu'il s'agisse de rechercher le conformisme ou la différenciation.

C'est le dernier mode d'interactions, passant par les ordres de préférence, qui est privilégié par l'analyse économique des normes. Il fonde aussi bien le modèle de ségrégation de Schelling que l'analyse par P.H. Young des conventions ou normes sociales.

Charles F. Manski indique aussi que les préférences, les anticipations, les espaces de choix, peuvent entrer en interaction autrement que par les actions des agents. C'est notamment le cas lorsque les préférences individuelles intègrent des éléments sociaux pour eux-mêmes (par exemple des objectifs de justice sociale) ou que l'on admet que les agents communiquent entre eux et échangent des informations indépendamment des actions.

Expliciter les modes d'interaction à partir d'observations semble cependant difficilement praticable. Les observations nécessaires ne doivent pas porter seulement sur les situations d'équilibre et les données utilisées par les économistes sont peu adaptées à cette recherche. Les résultats observés au niveau d'une population peuvent habituellement être engendrés par de nombreux processus d'interaction possibles y compris par des processus sans interaction¹¹. Des problèmes statistiques d'identification sont difficilement résolus et les analyses empiriques sont souvent insuffisantes.

¹⁰ Cas des dépenses en recherche et développement qui augmentent les capacités de production des entreprises.

¹¹ « *The weak state of empirical research on social interactions should be a matter of concern both to economists with a policy focus and those with a theoretical focus. For years, economists have speculated about the role of nonmarket interactions in determining such matters of public interest as schooling outcomes, employment patterns, participation in welfare programs, crime rates, and residential segregation. To inform policy, we need to replace speculation with sound empirical analysis. Economic theorists need to know what classes of social interactions are prevalent in the real world. Otherwise, theory risks becoming only a self-contained exercise in mathematical logic* », (Manski, 2000).

A des fins de clarification des hypothèses que l'on peut soumettre à des travaux économétriques, Charles F. Manski propose cependant trois grands modes d'interaction¹² :

- Les interactions « endogènes » qui supposent que la propension d'un agent à se comporter d'une certaine manière est liée au comportement du groupe (de fait au comportement moyen dans le groupe) ;
- Les interactions contextuelles qui tiennent à ce que le comportement des membres d'un groupe doivent s'adapter à des caractéristiques exogènes qui s'imposent à chaque membre du groupe ;
- Les interactions qui proviennent d'une corrélation entre caractéristiques individuelles des membres du groupe.

Ces modes d'interaction correspondent dans les modèles de l'analyse des normes à des variables indiquant des contextes différents entrant dans les fonctions d'utilité (variables définies au niveau de l'individu, des groupes ou de l'ensemble de la population). Isoler ces différents types d'interaction sociale par des travaux statistiques reste cependant difficile. La démarche de Manski demande aux études économétriques qu'elles révèlent les modes d'interaction sociale qui sont à l'oeuvre. Une attitude plus modeste pourrait consister à partir d'hypothèses sur les modes d'interaction sociale et à tester seulement si les données sont contradictoires ou non avec ces hypothèses, ce qui est plutôt la démarche d'Axelrod (voir section suivante). De plus, la difficulté est encore accrue si on considère que les périmètres des groupes à prendre en compte sont rarement explicités par les données.

Des externalités aux distances sociales

Les formes d'interaction sociale s'expriment de la façon la plus neutre comme des externalités, c'est-à-dire l'incidence des décisions des agents économiques sur le niveau d'utilité d'autres agents¹³. Les normes sociales mettent cependant en jeu autre chose que les seules caractéristiques individuelles des agents. Les travaux de G. Akerlof sur les distances sociales et les décisions sociales contribuent à le préciser¹⁴.

G. Akerlof, distingue parmi les décisions des agents qui induisent des effets externes celles qui sont "économiques" ou "sociales". Pour ces dernières, G. Akerlof ajoute un second critère à la production d'effets externes : celui d'impliquer l'agent en tant que membre d'une société et de se référer à des normes de comportement¹⁵. Les agents ne sont pas simplement des acteurs sur des marchés, mais ils sont porteurs de comportements "sociaux", en matière d'éducation ou d'opinion politique par exemple.

Les décisions sociales, en tant qu'externalités, empêchent l'accès à des équilibres socialement favorables et conduisent éventuellement à des équilibres de long-terme sous-optimaux. Mais ce qui est plus important ici c'est que de telles décisions ne sont pas neutres sur les réseaux d'interaction sociale : selon la décision que l'individu prend, son appartenance à un groupe social peut être confortée ou au contraire contestée. Les décisions "sociales" (par exemple en matière d'éducation) ont donc une incidence sur l'architecture des échanges sociaux.

¹² Cette clarification est aussi nécessaire quant à l'efficacité des mesures de politique publique.

¹³ Bien que les externalités soient traditionnellement définies selon la frontière établie entre le marché et le hors-marché, elles relèvent davantage d'une analyse institutionnelle que de critères normatifs.

¹⁴ (Akerlof G.A. 1997).

¹⁵ Cette distinction entre décisions économiques et décisions sociales est cependant critiquable en soi.

Les biens ou services donnant lieu à des décisions "sociales" sont ambivalents en ce qu'ils contribuent à accéder à une position sociale relative, mais ont aussi en eux-mêmes une valeur. Chaque individu est supposé apprécier sa position relative *ex ante* (la position sociale "héritée"), c'est-à-dire son statut social, et le statut social de tous les autres individus, avant son choix. Il doit aussi estimer quelle sera sa position sociale acquise *ex post*, c'est-à-dire son statut social selon l'indicateur à maximiser, et le statut social de tous les autres individus, après son choix.

Reconnaître l'hétérogénéité des individus revient alors à structurer un espace social où la densité des échanges dépend de la proximité entre agents. Dans la représentation qu'en fait G. Akerlof, la position de chaque agent dans l'espace social est une donnée préalable à l'échange, mais évolue selon les décisions des agents. La structuration de l'espace social, qui dépend à la fois des positions passées et des décisions des agents, influe sur les interactions sociales. Chaque individu forme des anticipations sur les positions des autres individus.

Les individus sont alors en interaction au sens le plus fort. Les coordinations ne résultent pas de la seule confrontation des stratégies individuelles des agents économiques, mais de leur interaction : les comportements des agents économiques ne sont pas donnés une fois pour toutes, mais évoluent selon les rencontres avec d'autres agents économiques. Une analyse économique des normes devrait s'attacher non seulement à décrire la construction des normes, mais aussi à indiquer en retour leur impact sur le comportement des acteurs.

On sort des modèles à agent représentatif, qui ne peuvent pas rendre compte des décisions sociales (au sens que l'on vient d'indiquer) des agents. Dans de tels modèles les éléments de différenciation sociale ou de conformisme, qui sont introduits par la seule recherche d'un écart maximum ou au contraire d'un écart minimum avec la consommation de référence d'un bien¹⁶, engendrent bien des externalités. Mais à l'équilibre, toute différenciation disparaît bien évidemment.

Par contre, les comportements "sociaux," attentifs aux positions relatives, induisent des effets de segmentation sociale et d'éclatement des normes. Les groupes se distinguent alors par des références à des normes et à des valeurs spécifiques. L'optimum social ne pourrait être atteint que par des individus sans attache sociale.

Une implication importante de cette approche est que l'amélioration de l'efficacité sociale des normes ne peut être atteinte par des comportements individuels, mais par des comportements de groupes.

Des interactions en société

Le retour à la démarche initiée par Schelling, qui consiste à proposer des situations d'interaction entre agents peut sembler la plus apte à prendre en compte l'organisation sociale des interactions. Schelling distinguait ainsi les modes d'interaction entre les agents selon quelques grandes catégories (Schelling, 1978 ; pp. 36-43) :

- Les problèmes de répartition spatiale au sens large qui concernent des phénomènes telles que les luttes de placement, l'encombrement, les files d'attente, la structuration des voisinages, les ségrégations, etc.

¹⁶ La consommation de ce bien est un indicateur de statut social.

- La convergence ou la dispersion des langages, les comportements adaptatifs qui y sont liés.
- Les systèmes de communication et leurs effets pour la diffusion de l'information comme des comportements, la prise en compte de l'appartenance des individus à des systèmes particuliers, à des réseaux.
- La différenciation des statuts sociaux, les organisations hiérarchiques, les sous cultures, et leurs incidences en termes de stratification des comportements.

Des modes de comportement et des formes d'interaction multiples sont à l'œuvre dans ces différentes situations et peuvent éventuellement se combiner. Ils incitent aussi bien au conformisme qu'à la différenciation¹⁷. Le système social peut imposer des formes de résultats des interactions, quels que soient les comportements individuels : il existe des « contraintes structurelles ».

L'inscription sociale des interactions des agents est une exigence méthodologique importante de l'analyse économique des normes. Elle est impliquée par la représentation du comportement des agents.

Les comportements individuels ne se conforment pas à une rationalité purement instrumentale mais intègrent dans leurs modes de décision des règles qui ont des fondements sociaux. Les choix des agents ne sont pas seulement guidés par leur intérêt propre, notamment monétaire. En ce sens, on peut parler d'agents « socialement situés ». L'agent n'est pas isolé mais inséré dans des réseaux sociaux. Son voisinage, qui lui sert de référence, évalue aussi ses propres choix, et l'agent le sait. Les agents ne s'adaptent pas nécessairement de façon immédiate à un nouveau contexte mais poursuivent des habitudes, avec ce que cela peut impliquer d'inertie.

La dimension que peut atteindre un système social lorsque l'individualité et l'hétérogénéité des acteurs sont maintenues implique des méthodes adaptées. On développe dans les deux sections suivantes deux grandes orientations qui chacune à leur façon se concentrent sur un aspect de la dynamique du système modélisé :

- La démarche analytique, inspirée notamment par la théorie des processus stochastiques, qui étudie les propriétés de long terme du système ;
- La simulation par ordinateur qui permet d'introduire des hypothèses « réalistes » aux dépens de l'analyse complète des propriétés d'un système.
-

Ces deux approches contribuent à fournir à l'analyse économique des normes des outils puissants de simulation.

¹⁷ Les différentes situations types sont représentées par des exemples emblématiques : « critical mass », « the commons », « the market for lemons », etc.

Les modèles analytiques

Sans prétendre à l'exhaustivité, on caractérise dans cette section une approche qui se réfère aux principales hypothèses de l'analyse économique des normes et y contribue par des modèles d'apprentissage et d'interaction susceptibles d'être résolus numériquement.

Les systèmes adaptatifs (P.H. Young).

La démarche « analytique » a été notamment développée par P.H. Young. Son projet est de réorienter la théorie des jeux en révisant les hypothèses d'hyper-rationalité des joueurs et en tenant compte de leur information incomplète (Young, 1998). La limitation de la rationalité des agents est compensée par leur capacité d'apprentissage et d'adaptation qui leur permet d'atteindre des équilibres.

Concernant les normes et les institutions, il s'agit de rendre compte de leur production par les interactions de décisions individuelles. De ce point de vue, la référence originelle de la démarche est bien l'analyse de Schelling sur le passage de micro-décisions à des comportements globaux, l'ambition de P.H. Young étant d'en donner les fondements analytiques. L'inspiration de cette analyse est aussi clairement évolutionniste, avec la notion clef de Maynard Smith et Price, de "stratégie évolutionnairement stable" : un équilibre de Nash qui ne peut être menacé par une minorité dissidente. P.H. Young propose quant à lui le concept de stabilité stochastique qui définit la propriété d'un équilibre de résister à des chocs aléatoires répétés. L'émergence des normes et des institutions est située dans un (très) long terme, le temps que puissent jouer tous les effets cumulatifs.

Les individus prennent ce qu'ils pensent être les meilleures décisions dans les différents choix qu'ils sont amenés à faire et n'ont aucune vision sur une orientation "sociale" qui devrait inspirer leurs choix. Simplement, l'expérience aidant, les conditions du choix évoluent et les décisions individuelles convergent éventuellement vers un comportement de référence que l'on peut dire en ce sens "socialement construit". La longue période qui conduit à cette convergence des comportements individuels permet une expérimentation, éventuellement perturbée par des chocs exogènes auxquels il faut s'adapter, dont se dégage moins une optimalité qu'un comportement qui s'avère raisonnable et praticable. On a donc un cycle de long terme des institutions qui passe par une phase de tâtonnement, puis une phase de comportements individuels coordonnés. La simple reconnaissance d'un comportement socialement construit suffit alors à canaliser les comportements individuels car s'éloigner de cette référence impose un coût, monétaire ou non.

L'analyse de la construction d'une institution revient à expliquer comment on parvient à un équilibre, si un équilibre est possible, puis la nature et la stabilité de cet équilibre. Rien n'oriente ce processus selon des critères de qualité sociale : l'équilibre atteint peut ne pas être souhaitable selon des critères sociaux.

Les hypothèses d'apprentissage suppléent à l'hyper-rationalité pour permettre éventuellement d'atteindre les résultats associés aux hypothèses néo-classiques standards : les équilibres de coordination ou des solutions optimales. La question est de savoir le temps qu'il faut pour que jouent à plein les "forces évolutionnistes" et le processus adaptatif.

Ce qui nous importera ici concerne plutôt les modes d'interaction que les hypothèses de rationalité et les processus d'apprentissage.

L'interaction des individus est décrite par un jeu dont la structure s'écarte des jeux traditionnels¹⁸. Les joueurs sont tirés au hasard parmi une population de dimension infinie ou grande. Les individus interagissent selon des probabilités déterminées par des facteurs exogènes. Les agents se fondent sur une information partielle et ne sont pas parfaitement rationnels au sens standard. Ils sont par contre capables d'adapter leur comportement selon l'observation des décisions des autres agents, et de construire des anticipations à partir du passé. Cette succession de choix individuels liés dans le temps par les processus d'observation – anticipation, est perturbée par des chocs exogènes aléatoires censés représenter aussi bien les variations imprévisibles de l'environnement des choix individuels que la possibilité de décisions individuelles inexpliquées selon les critères de la rationalité même limitée. C'est l'ensemble de cette évolution de long terme qui est l'objet de l'analyse.

L'ajustement dynamique qui mène d'un état qui n'est pas un équilibre à un équilibre est en partie imprévisible en ce qu'il dépend de l'état initial et de la façon dont les agents cherchent à améliorer leur situation. Ce processus se définit par son cheminement (*path dependent*) ; il est soumis à des chocs aléatoires auxquels il doit s'adapter. Il peut suivre des trajectoires différentes quant à leurs caractéristiques de long terme, et notamment quant à l'équilibre qu'elles finissent par atteindre. Mais les indéterminations quant aux comportements individuels, qui sont traitées par des variables aléatoires, conduisent à un comportement moyen de long terme indépendant du cheminement suivi et des conditions initiales.

L'approche est ici analytique et conduit à estimer en probabilité la vraisemblance des divers équilibres accessibles dans le long terme. Les états stochastiquement stables sont le plus fréquemment observés sur le long terme lorsque le processus d'ajustement est soumis à des chocs aléatoires faibles mais persistants¹⁹. Le "temps" des processus d'ajustement est marqué par les interactions entre les agents et n'a donc rien de chronologique. Une "traduction" serait donc nécessaire pour passer du temps des interactions au temps réel²⁰.

Selon une telle approche une norme n'est jamais définitivement stabilisée mais reste soumise à des chocs aléatoires sur le long terme. Une norme est un état que l'on retrouve fréquemment sur le long terme, en moyenne, avec des interruptions imprévisibles et des passages d'une norme à l'autre. On peut donc attendre de cette approche qu'elle nous signale des états appelés à être des normes potentielles; elle est cependant limitée quant à l'analyse dynamique elle-

¹⁸ P.H. Young (1996; p.6).

¹⁹ p. 10.

²⁰ "(The discussion raises) an important issue in evolutionary models, namely, the time scale in which events unfold. In the processes we shall study, time is measured in discrete periods that correspond to distinct events. For example, each interaction between a pair of individuals might mark the beginning of a new period. When the population is large and people interact often, thousands or even millions of such events might be compressed within a short period of real time, such as an hour or a day. It is therefore not meaningful to make statements about short-versus long-run phenomena without a metric for translating event time into real time", pp. 15-16.

même puisque le passage d'une norme à l'autre²¹ va principalement tenir à l'accumulation de chocs aléatoires qui expriment l'incompréhension des comportements individuels.

Une autre question touche aux aspects de dynamique. Elle tient à ce que les propriétés de l'ajustement s'expriment à long (ou très long) terme et que, au cours des processus, les termes du choix peuvent avoir considérablement évolué, ce qu'indique P. H. Young lui-même à propos de l'application que l'on peut faire de cette approche à l'analyse de l'innovation et des changements technologiques²². Si on essaie d'introduire ces modifications de la donne des choix individuels, on peut aboutir à une errance perpétuelle plutôt qu'à un cheminement ponctué de longs séjours dans des états stables. Ou bien, selon les conditions initiales et l'organisation des interactions, le *statu quo* peut perdurer longtemps, indépendamment du processus d'ajustement, même si c'est un équilibre insatisfaisant.

L'approche analytique de P.H. Young pointe quels sont les facteurs d'inertie ou d'instabilité, ce qui est une contribution importante à l'analyse économique des normes : la dimension de la population concernée, le montant d'information utilisé par les agents pour prendre leurs décisions et son extension (locale ou globale), l'importance des chocs aléatoires sur le processus d'ajustement.

La disparité des normes tient à l'organisation des interactions et aux segmentations qu'elles impliquent éventuellement. A l'inverse, les changements de configuration des interactions qui vont dans le sens d'une plus grande intégration des agents sont déterminants pour expliquer les convergences de plusieurs normes vers une seule. Comme les processus à l'œuvre sont du même type d'une société à l'autre, on peut considérer que certaines normes ont plus de chances d'émerger et d'être stables sur le long terme, que d'autres²³.

La « dynamique sociale » des modèles d'interaction

Selon S.N. Durlauf et P.H. Young, les modèles d'interaction permettent d'initier une approche renouvelée de la dynamique des systèmes sociaux, en termes de *Social Dynamics* ou de *Social Economics*.

L'analyse est par nature interdisciplinaire puisqu'elle aborde la relation entre les comportements individuels et le « comportement »²⁴ de groupes ou de la population, ou comment les modes de comportement individuels sont soumis à des influences sociales. Par ailleurs, la prise en compte des interactions entre acteurs rejoint les préoccupations de travaux sur le changement technologique, les innovations et les externalités, ainsi que sur les inégalités dans la formation du capital humain ou sur le marché du travail (Durlauf, 2000).

Les populations d'acteurs sont représentées dans leur hétérogénéité. Les acteurs sont répartis entre des groupes auxquels ils se réfèrent dans leurs choix. Les interdépendances entre acteurs dont il est question ne passent pas par l'intermédiaire des échanges marchands. Elles affectent

²¹ Changements de régime que P.H. Young qualifie d'effet d'équilibre "ponctué" (*punctuated equilibrium effect*).

²² p.14.

²³ ce sont respectivement l'"effet de conformité locale" et l'"effet de conformité globale" selon les termes de P.H. Young (1998).

²⁴ Le « comportement » d'un groupe ou d'une population est de fait le résultat d'un processus social alors que le comportement individuel est une donnée préalable.

notamment leurs préférences individuelles. La prise en compte des interactions comprises en ce sens, interdépendance entre les choix individuels, suppose d'explicitier le fonctionnement d'un système dont la dynamique est fondée sur des interactions en boucle : les choix d'individus sont influencés par le choix d'autres individus qui eux-mêmes sont influencés...

Cette approche consiste alors à étudier les propriétés de systèmes stochastiques définis par une succession de choix méthodologiques (S.N. Durlauf, P.H. Young ; 2001) :

- L'indication des propriétés agrégées du système qui doivent être analysées ;
- Le maintien de l'individualité des acteurs et le renoncement à l'hypothèse de l'agent représentatif ;
- La définition de la façon dont les individus effectuent leurs choix selon leurs caractéristiques personnelles, mais aussi comment ils réagissent aux représentations qu'ils se font du comportement des autres ;
- L'explicitation de la construction par chaque individu de ses représentations du comportement des autres individus ;
- La prise en compte d'aléas divers qui peuvent tenir à l'évolution du contexte dans lequel les individus effectuent leur choix, mais aussi de notre connaissance imparfaite des comportements individuels.

S.N. Durlauf et P.H. Young présentent les enjeux de l'analyse des interactions entre agents à partir du modèle de Schelling sur la ségrégation. Les individus effectuent des choix de localisation avec des préférences sur leur voisinage qui n'impliquent pas en elles-mêmes une ségrégation ; mais les interactions entre individus conduisent finalement à une ségrégation au niveau de l'ensemble de la société. Le résultat attendu au niveau global est la présence ou l'absence d'une ségrégation. Les déterminants de ce « comportement » global sont les seuls choix individuels. Les choix individuels sont influencés par les décisions d'autres individus, et notamment de leur voisinage. Les individus prennent leurs décisions au coup par coup sans qu'on leur prête une rationalité excessive, et notamment sans une capacité d'anticipation du résultat ultime de leurs choix²⁵. La part d'aléatoire vient ici de l'ordre dans lequel les individus font leur choix, mais aussi de la règle que suivent les individus pour se déplacer si nécessaire (quelle est la première case vide que l'individu rencontre et qui correspond à ses critères). La ségrégation au niveau global est un résultat inattendu dans la mesure où il ne correspond pas aux choix et aux anticipations des individus.

Les interactions prises en compte ici portent sur des interdépendances directes entre agents et passent par les préférences individuelles qui indiquent des appartenances à des groupes. On peut donc considérer des interactions complexes qui se situent à la fois à l'intérieur des groupes (dont les comportements peuvent évoluer au même titre que les comportements individuels) et des interactions entre groupes, le « comportement » observé au niveau de la population étant la résultante de l'ensemble de ces interactions. Les externalités fondent les interactions entre acteurs. Les décisions individuelles sont prises en prenant comme données les décisions des autres acteurs.

Les hypothèses générales de la modélisation proposée par cette approche portent sur les points suivants :

- L'information dont disposent les individus ;

²⁵ Mais la structure de départ, l'appréciation finale d'une ségrégation ou non, le temps que cela prend ne sont pas explicités. On pourrait penser que les individus sont curieusement, bien que soumis à des influences sociales, égoïstes car ils n'anticipent pas une conséquence qui n'est pas si imprévisible que cela de leur choix.

- Les règles de décision individuelle ;
- L'incidence sur les préférences individuelles des décisions des autres individus ;
- Le traitement de l'incertitude.

Chaque individu anticipe au temps « t » où il prend sa décision, l'ensemble des actions choisies par les autres individus au même moment.

Les choix des individus s'opèrent simultanément. Parmi l'ensemble des actions qu'ils sont susceptibles de décider, ils choisissent celle qui maximise leur utilité. L'utilité de l'individu est définie à la fois par ses intérêts strictement personnels et par l'importance qu'il donne au choix des autres. L'hypothèse est faite de la séparabilité et de l'additivité de deux composantes de l'utilité : une utilité « individuelle » et une utilité « sociale ». La composante « sociale » de l'utilité d'un individu est une somme pondérée selon l'importance qu'il leur attache, des choix des autres individus. C'est cette utilité complexe que maximise chaque individu.

Les hypothèses de rationalité, que l'on peut considérer comme relevant de la rationalité limitée en raison de l'introduction d'une incertitude sur les comportements individuels, ne sont pas cependant les plus décisives dans cette approche. Les caractéristiques des modèles d'interaction sont liées de façon plus déterminante aux bouclages entre les comportements des individus et des groupes.

Les individus sont situés sur un espace social qui définit en même temps que leur emplacement, les liens qu'ils entretiennent avec les autres individus. Les interactions sociales peuvent d'abord passer par les variables qui déterminent les choix individuels et qui sont définies au niveau d'un groupe d'appartenance (par exemple le niveau d'éducation moyen ou le taux de chômage pour des groupes sociaux qui auraient un sens pour la question posée). Quant aux interactions liées aux choix individuels eux-mêmes, diverses structurations des relations sociales sont possibles, depuis l'indifférence aux choix des autres individus et l'absence d'interactions, jusqu'à une incidence sur chaque choix individuel du choix de tous les autres individus, en passant par une influence limitée à des voisinages ou à des groupes. Ces structurations qui indiquent des distances sociales et des éléments de collectifs dépendent à la fois de la question traitée et des caractéristiques de l'espace social étudié. Ces deux modes d'interaction correspondent à la distinction que propose Manski et que l'on a rappelée dans la section précédente, entre effets contextuels et effets endogènes.

Les individus présentent une hétérogénéité qui est distinguée entre hétérogénéité observable et hétérogénéité non observable (Durlauf, 2000). L'hétérogénéité observable tient à ce que chaque individu se réfère dans ses choix à des données particulières, mais connues de tous. L'hétérogénéité non observable tient à ce que chaque individu détermine ses choix selon des données qui lui sont propres et qui sont inconnues des autres individus, comme du modélisateur. Une telle incertitude impose aux agents de se référer dans leurs décisions non pas à des comportements effectifs mais à des anticipations du comportement des autres agents.

Au total, le modèle fait dépendre les choix individuels de quatre éléments :

- des variables de contexte propres à chaque individu ;
- des variables de contexte propres à des groupes d'individus ;
- les anticipations individuelles sur les choix des autres individus ;
- une composante spécifique à chaque individu et inconnue des autres individus.

Le « comportement » social de la population est une régularité définie statistiquement et qui émerge des actions individuelles fondées à la fois sur le calcul d'intérêt personnel et les interactions entre ces actions.

Une autre hypothèse, pas véritablement explicitée, tient au traitement du temps. Ce sont les interactions entre acteurs qui rythment le temps, celui-ci n'ayant pas d'autre consistance.

Une représentation standard, par un modèle log-linéaire, de l'aléa affecté au choix individuel consiste à supposer que le logarithme de la probabilité de choisir une action est dans une relation linéaire positive avec le niveau d'utilité espéré pour cette action. L'incertitude concernant le choix d'une action par un individu peut alors être représentée par un indicateur « β » qui est d'autant plus grand que cette incertitude est faible.

Les systèmes construits à partir de ces hypothèses sont non linéaires et comportent le plus souvent des équilibres multiples. Les anticipations sur le comportement des autres individus sont formées selon le schéma des anticipations rationnelles, c'est-à-dire que dans un contexte donné par les variables propres à chaque individu ou spécifiques à un groupe, les probabilités conditionnelles estimées sont conformes aux probabilités effectives associées à ce contexte.

« Dynamique sociale » d'un modèle d'interaction dans le cas le plus simple

Une première simplification (voir Encadré) consiste à supposer que les individus procèdent à des choix binaires (acheter ou ne pas acheter un bien, accepter ou ne pas accepter une offre de travail, ...).

Le niveau intermédiaire des groupes est supprimé pour ne prendre en compte que les interactions entre individus d'une population (interactions qui *a priori* pourraient être différenciées).

L'hétérogénéité des individus est limitée à quelques hypothèses. Tous les individus ont la même incitation à faire un choix donné (paramètre « h »). Chaque individu pèse du même poids dans la composante sociale de l'utilité (paramètre « J »). Si $J > 0$, la conformité au choix des autres augmente l'utilité de l'individu « i » ; au contraire, si $J < 0$, c'est la différenciation avec les autres qui augmente l'utilité de l'individu « i ». L'hétérogénéité entre individus relative à la partie aléatoire des choix demeure mais suit une même loi de probabilité (le paramètre « β » est identique pour tous les individus).

**Hypothèses du modèle de choix discret
résolu sous la forme* : $m = \tanh(\beta h + \beta J m)$**

Sources : Steven N. Durlauf, A Framework for the Study of Individual Behavior and Social Interactions, Mimeo Department of Economics, University of Wisconsin, Madison, August 27 2000.

Blume Lawrence E., Durlauf Steven N. (2001) The Interactions-Based Approach to Socioeconomic Behavior, *in* Durlauf Steven N., Young P. H. (2001) *Social Dynamics*, Brookings Institution Press. Washington, D.C.

L'équation $m = \tanh(\beta h + \beta J m)$ indique une condition d'équilibre, lorsque les anticipations individuelles fondées sur des probabilités conditionnelles coïncident avec l'espérance mathématique des choix.

avec :

m : le comportement moyen d'équilibre ;

\tanh : la fonction tangente hyperbolique ;

β : un indicateur d'instabilité des choix individuels ;

h : un indicateur de l'intérêt strictement personnel dans les choix individuels ;

J : un indicateur de l'influence du choix des autres individus sur les décisions personnelles ;

Le surplus que chaque individu maximise comporte 3 composantes séparables et additives : une utilité « privée », une utilité « sociale » et une utilité aléatoire ;

La composante « individuelle » de l'utilité est de la forme :

$$h\omega_i + k_i$$

avec :

- ω_i choix de l'individu « i » ;

- h et k_i , paramètres .

La composante « sociale » de l'utilité est de la forme :

$$-E_i\left(\frac{J}{I-1} \sum_{j \neq i} (\omega_i - \omega_j)^2\right)$$

avec :

- ω_i choix de l'individu « i » ;

- I : le nombre total d'individus dans la population ;

- E_i : l'anticipation par « i » compte tenu de l'information dont il dispose* ;

La composante aléatoire de l'utilité est de la forme :

$\varepsilon_i(\omega_i)$, distribution aléatoire satisfaisant la contrainte suivante :

$$\text{Prob}(\varepsilon_i(-1) - \varepsilon_i(1) \leq z) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta z)}; \beta \geq 0$$

La probabilité que l'aléa inclus dans l'utilité soit inférieur à un seuil donné est d'autant plus fort que β est grand.

(*) selon ces hypothèses, lorsqu'une norme s'impose, les comportements tendent vers une même action et la composante sociale devient maximum, c'est-à-dire nulle, J étant >0 .

Le modèle de choix discret avec interaction peut être résolu, sous ces hypothèses, de façon à expliciter les propriétés des équilibres. Les résultats dépendent du jeu de trois paramètres : la force des incitations personnelles dans les utilités individuelles (paramètre « h »), le poids des

interactions sociales (paramètre « J »), et le niveau de l'aléa dans le choix des actions (paramètre « β »).

Le graphique et le tableau suivants récapitulent les différents équilibres possibles et leurs caractéristiques.

Le paramètre J , qui indique dans la composante sociale de l'utilité l'importance des effets de conformité ($J > 0$) ou de différenciation ($J < 0$) est décisif. Lorsqu'il est suffisamment élevé, il domine les autres effets, dont la maximisation de l'intérêt strictement personnel (paramètre h). Cela va dans le sens d'une convergence vers un comportement commun, quel que soit ce comportement (on retrouve l'incertitude liée aux normes, dont la fonction principale est d'aider à se coordonner, quelle que soit leur efficacité par ailleurs). C'est un premier axe d'interprétation des équilibres multiples.

- Lorsque β est faible, la probabilité de choix aléatoires individuels est plus élevée ; elle domine les choix « déterministes », individuel comme social, ce qui va à l'encontre d'une convergence des choix au niveau de la population (cas de l'équilibre e_a et de la courbe $F_a(m)$).
- Les équilibres multiples se retrouvent dans des configurations où $\beta J > 1$ avec une probabilité plus faible de choix aléatoires et (ou) un poids plus important des choix collectifs (cas des équilibres e_{b1} , e_{b2} , e_{b3} , courbe $F_b(m)$ et e_{c1} , e_{c2} , e_{c3} , courbe $F_c(m)$);
- Si cependant, pour un niveau d'interaction donné (J), la part des choix aléatoires (β) est faible, l'étendue des équilibres possibles est limitée (cas de l'équilibre e_d et de la courbe $F_d(m)$).
- les interactions sont faibles (J petit ; courbe $F_a(m)$ et équilibre e_a).

Seuls les équilibres intermédiaires sont stables. Le modèle ne dit pas quel équilibre est choisi lorsque deux équilibres (stables) sont possibles.

Par ailleurs, il a pu être démontré que lorsque l'utilité privée est liée positivement au choix ω_i , ($h > 0$), c'est l'équilibre qui correspond à un choix moyen anticipé positif qui est meilleur socialement (au sens où il permet le plus haut niveau d'utilité espérée pour chaque agent). Lorsque l'utilité privée est liée négativement au choix ω_i , ($h < 0$), c'est au contraire l'équilibre qui correspond à un choix moyen anticipé négatif qui est meilleur socialement. Les autres équilibres indiquent un conflit entre les incitations privées et les incitations sociales. Lorsque l'incitation privée disparaît ($h = 0$), les deux équilibres extrêmes sont socialement équivalents.

Graphique 1. Equilibres multiples dans un modèle de choix discrets
d'après Steven N. Durlauf, 2000.

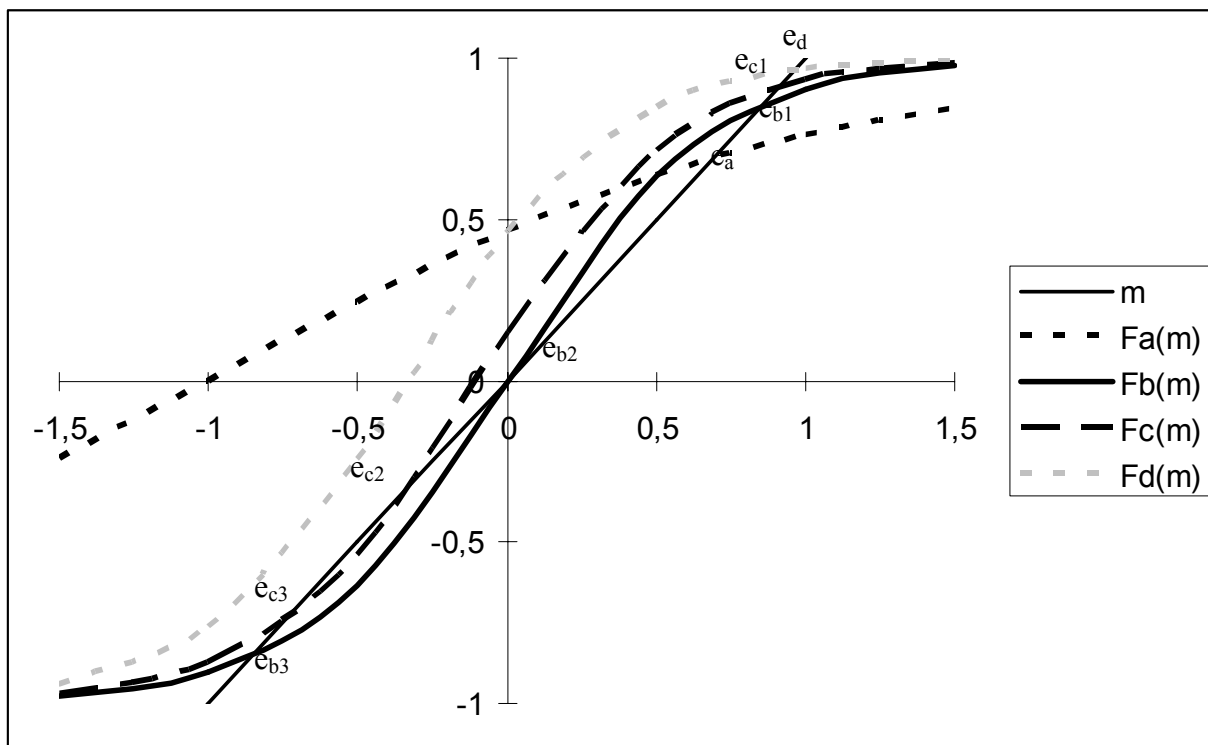




Tableau 1. Les équilibres multiples dans le cas du modèle de choix binaire simple d'après Steven N. Durlauf, 2000.

Combinaison des paramètres Courbes du Graphique 1 Equilibres Stabilité Ordre de bien être	$\beta J < 1$		$\beta J > 1$ et $h = 0$			$\beta J > 1$ et $h \neq 0$ $ \beta h < H$		$ \beta h > H$
	$F_a(M)$		$F_b(M)$			$F_c(M)$		$F_d(M)$
	e_a	e_{b1}	e_{b2}	e_{b3}	e_{c1}	e_{c2}	e_{c3}	e_d
	stable	stable	instable	stable	stable	instable	stable	stable
	...	Equivalence $e_{b1} - e_{b3}$			$e_{c1} > e_{c3}$ si $h > 0$			...
				Equivalence $e_{b1} - e_{b3}$			$e_{c3} > e_{c1}$ si $h < 0$	

L'ensemble de ces résultats ont été obtenus grâce à des hypothèses simplificatrices. Ce qui ne signifie pas que ces hypothèses soient nécessaires à de tels résultats : c'est une autre question que d'explicitier les hypothèses minimales nécessaires pour parvenir à des résultats donnés.

La démarche analytique développe une méthodologie qui vise à rendre compte d'une production des normes endogène aux interactions entre agents. Elle s'appuie sur des recherches issues de la théorie des jeux ou de systèmes complexes adaptatifs sur les externalités, les apprentissages et la cognition. Comme les approches évolutionnistes, elle indique le poids des conditions initiales dans les résultats globaux, l'impact de chocs aléatoires ou des incertitudes sur le cheminement d'un système.

Pour ce qui est plus précisément des normes, elles sont liées à des équilibres de long terme. On retrouve alors l'indétermination des normes du fait d'équilibres multiples et de leur caractère largement imprévisible.

La démarche analytique se place dans un contexte temporel rythmé par les interactions des agents et des « crises » qui sont soit le fait d'évolutions à très long terme du système, soit provoquées par des chocs exogènes. Les résultats importants, comme les transitions d'un équilibre à un autre ou la déstabilisation d'un équilibre, renvoient aussi à un très long terme dont la signification économique n'est pas immédiate.

Les hypothèses concernant les interactions entre agents sont fortement dépendantes des hypothèses de rationalité : comment les agents s'informent et comment ils fondent leurs anticipations, quelles sont leurs limites cognitives ?

Par contre, l'organisation sociale des interactions est minimale et se réfère moins à des systèmes sociaux ou à des sociétés qu'à des collections d'individus influencés par les autres, selon des voisinages *ad hoc*.

La démarche suivante, qui recourt aux simulations multi-agents introduit plus explicitement des hypothèses d'interaction sociale, tout en restant dans l'individualisme méthodologique et une rationalité limitée. Elle le fait au prix d'une moindre rigueur dans l'analyse numérique des résultats (bien que l'on ait vu que l'analyse du modèle de choix discret pouvait déjà atteindre un certain niveau de complexité et indiquer une grande variété de résultats possibles).

Les simulations multi-agents

La simulation multi-agents (SMA)²⁷ désigne, selon la définition qu'en donne Leigh Tesfatsion, une méthode d'analyse de l'évolution des systèmes économiques, représentés comme des ensembles d'agents autonomes et en interaction, fondée sur la simulation de modèles par ordinateur²⁸.

La méthode d'analyse SMA procède selon un schéma général qui consiste d'abord à spécifier un état initial d'un système économique et à définir les propriétés (les caractéristiques et les règles de comportement) des agents et des différentes unités analysées. Le système économique ainsi représenté développe alors sa dynamique à partir des seules interactions entre agents ou unités.

Pour un état initial et des propriétés donnés d'un système économique les simulations SMA indiquent comment des comportements "globaux" et des régularités émergent dans des économies décentralisées, à partir des interactions entre agents. Mais les simulations peuvent tout autant servir à expliciter les implications pour un système économique de dispositifs ou d'organisations alternatifs des acteurs.

La représentation des interactions entre agents joue un rôle décisif dans les approches SMA. De ces interactions émergent des régularités de comportement qui guideront les décisions des agents. Il s'agit alors de définir une dynamique complexe des systèmes économiques, qui intègre les modes de comportement des agents, les réseaux établis entre ces agents, et comment les comportements eux-mêmes se transforment avec l'ensemble du système économique, dont on peut estimer enfin une efficacité sociale²⁹.

L'émergence de comportements globaux et de régularités tient aux seules interactions entre agents, sans l'intervention d'un contrôle centralisé qui imposerait des règles "par le haut". On peut alors évaluer comment les régularités qui apparaissent influent sur la dynamique du système économique et sur ses performances.

Cette approche est particulièrement adaptée à l'analyse des phénomènes émergents, surtout s'ils sont contre-intuitifs. Plusieurs situations semblent particulièrement justifier le recours à la SMA³⁰. C'est le cas lorsque les comportements des individus n'apparaissent pas obéir à des lois linéaires mais sont soumis à des conditions, à des effets de seuil et plus généralement à des lois non linéaires. Il en est de même lorsque les comportements individuels sont soumis à des effets de mémoire, de dépendance temporelle ou à des phénomènes d'hystérésis ; lorsque les individus ont des comportements d'apprentissage et d'adaptation. L'hétérogénéité des relations entre agents et les effets de réseaux qu'elle implique lors de l'agrégation des comportements individuels justifient également le recours à la SMA. Enfin, la dispersion des comportements individuels, qui fait que parler de "comportement moyen" n'a pas de sens, est aussi une bonne raison de s'appuyer sur une telle méthode.

Les simulations multi-agents définissent une méthodologie spécifique qui doit être distinguée aussi bien de la démarche inductive (recherche de schémas d'interprétation à partir de données empiriques) que de la démarche déductive (indiquer les conséquences d'axiomes)³¹. Les méthodes de simulation consistent, quant

²⁷ Dans la littérature anglo-saxonne : *Agent-based Computational Economics*.

²⁸ Tesfatsion L. (2001, 2002).

²⁹ "The result is a complicated dynamic system of recurrent causal chains connecting agent behaviors, interaction networks, and social welfare outcomes", (Tesfatsion, 2002; p.1).

³⁰ (Bonabeau, 2002; pp. 7280-81).

³¹ R. Axelrod, 2003.

à elles, à partir d'hypothèses explicites, non pas à prouver des théorèmes, mais à engendrer des données qui peuvent être analysées de façon inductive. Les données utilisées par la méthode de simulation ne sont pas des données d'observation mais sont produites par un ensemble de règles. Il s'agit d'une "aide à l'intuition"³². La simulation est alors selon R. Axelrod une façon de construire des "expériences raisonnées" en partant d'hypothèses simples dont les interactions entre agents peuvent faire émerger des propriétés éventuellement inattendues. Cette démarche apparaît assez proche de celle de l'économie expérimentale en ce qu'elle est aussi productrice de données³³.

Les règles de comportement affectées aux agents explicitent des comportements individuels. A la différence de l'approche analytique, le comportement des individus n'est pas décrit selon des équations où la part de l'individu tiendrait à une dose d'aléa relativement à un comportement de référence³⁴. Les règles de comportement peuvent être assez naturellement fondées par des observations d'enquêtes. D'autres fondements des règles de comportement sont cependant possibles : reprendre des hypothèses alternatives de rationalité et de capacité cognitive de modèles théoriques dont il s'agit de tester les implications, ou rechercher les règles de comportement "minimales" conduisant à un résultat social donné³⁵. Le choix du mode de représentation des comportements des agents reste ouvert : "réaliste" ou défini selon des hypothèses logiques, fondé sur des observations ou plus normatif.

L'abandon des hypothèses de rationalité parfaite et l'introduction de comportements adaptatifs (par apprentissage ou par sélection) rendent difficile et même le plus souvent impossible de déduire formellement les conséquences de modèles de simulation élaborés par les SMA. Des questions spécifiques sont alors posées à ce type de modélisation : dans quelle mesure les résultats des simulations dépendent d'hypothèses relatives à la dimension de la population et à la représentation des groupes ou des interactions entre individus, aux opportunités de rencontre entre agents. Quelle est la signification temporelle des itérations d'un modèle³⁶? Quelle est la stabilité de long terme des états qui apparaissent comme des équilibres?³⁷.

Il est nécessaire de multiplier les simulations afin d'apprécier quelle est la part de l'aléa portant sur les conditions initiales ou le déroulement des interactions dans les résultats que l'on trouve. Une simulation n'est pas conclusive en elle-même : une analyse statistique est nécessaire afin de vérifier la validité et la généralité des enseignements que l'on peut inférer des données de simulations multiples³⁸. La possibilité de reproduire des modèles est la condition de leur fiabilité. Elle doit permettre de vérifier les résultats annoncés. Des hypothèses mineures ou de faibles variations d'hypothèses peuvent cependant avoir des incidences *a priori* disproportionnées sur la dynamique globale du système, ce qui gêne la reproduction du modèle³⁹.

³² (Axelrod, 2003; p.5).

³³ Il s'agit cependant ici de s'appuyer sur des matériaux tels que les enquêtes afin de construire des hypothèses de représentation d'un système social ; les matériaux de l'économie expérimentale sont peut-être avant tout des modèles économiques dont il s'agit de tester les hypothèses.

³⁴ (Bonabeau, 2002; pp. 7281).

³⁵ R. Axelrod distingue deux usages possibles des simulations. S'il s'agit de serrer au plus près la réalité, les hypothèses peuvent être plus complexes. Mais les simulations, et les SMA en particulier, n'ont pas seulement un objectif de représentation pour des applications empiriques; elles doivent aussi nous permettre de mieux comprendre des processus fondamentaux à l'œuvre dans des applications. Indiquer les règles simples qui conduisent à un processus donné est alors essentiel; cette clarification permet notamment de répéter le modèle. *"The complexity of agent-based modelling should be in the simulated results, not in the assumptions of the model"* (Axelrod, 2003; p.6).

³⁶ Une solution proposée est de s'appuyer sur les événements produits par la simulation pour établir, en se référant à l'observation réelle de tels événements, une correspondance entre le temps de la simulation et le temps effectif ((Cioffi-Revilla, 2002; p.7315).

³⁷ Ce qui caractérise la SMA, c'est notamment la difficulté d'analyser la stabilité de la distribution des différentes variables.

³⁸ (Axelrod, 2003, p.8).

³⁹ *"In models with nonlinear effects and path dependence, a small difference can have a cascade of substantive effects"*, (Axelrod, 2003; p.14).

L'ouvrage de J. M. Epstein et R. Axtell « *Growing Artificial Societies...* » (1996) a initié un ensemble de recherches sur la modélisation multi-agents et défini un cadre méthodologique que l'on rappelle d'abord brièvement.

La construction de sociétés artificielles

L'ambition affichée par Axtell et Epstein est très large puisqu'il ne s'agit de rien de moins que de résoudre quelques grands problèmes des sciences sociales : développer une méthodologie qui surmonte le découpage disciplinaire des sciences sociales, comprendre le passage de l'hétérogénéité des comportements individuels aux régularités macro-sociales, progresser dans la représentation des comportements des individus et de leur rationalité, prendre en compte l'hétérogénéité des populations, étudier la dynamique des systèmes sociaux et échapper à la seule analyse des équilibres statiques⁴⁰.

Les champs d'investigation qui relèvent de cette méthodologie sont *a priori* très variés : les échanges commerciaux, les phénomènes migratoires, la construction des groupes sociaux, les conflits, la relation des individus à leur environnement, les échanges culturels, la diffusion des maladies, et la dynamique démographique⁴¹.

J. M. Epstein et R. Axtell se réfèrent aux recherches développées depuis les années soixante sur les automates, la cybernétique et l'intelligence artificielle et recourent aux techniques de modélisation des comportements des agents assistée par ordinateur. Les "sociétés artificielles" qu'ils proposent sont des modèles de processus sociaux basés sur les comportements des agents. Les structures sociales comme les comportements collectifs sont produits par des comportements d'individus qui interagissent, dans un contexte qui est représenté par le modèle, et selon des règles qui tiennent compte de leur information et de leur capacité de calcul limitée⁴².

Ce type de modélisation suppose une représentation de la société fondée sur trois éléments principaux : les agents, l'environnement de ces agents et les règles guidant la dynamique du système social.

- Les agents ou membres de la population sont représentés par les états qu'ils occupent et par des règles de comportement. Les états peuvent être constants ou variables selon les interactions avec leur environnement ou avec d'autres agents sur la période de simulation du modèle.
- Ce qui est désigné comme l'environnement représente à la fois ce qui justifie les interactions entre les agents (la répartition d'une ressource, la diffusion d'une innovation,...) et comment sont organisées les interactions. Les décisions des agents prennent en compte cet environnement mais sont aussi appelées à le modifier.
- Des règles indiquent comment les agents se comportent dans leur environnement, comment cet environnement est susceptible d'évoluer, et comment les individus interagissent.

L'encadré suivant rassemble les caractérisations nécessaires à une représentation d'une société dont on analyse comment évoluent la répartition d'une ressource sur un nombre fini de sites et la localisation d'agents entre ces sites (Modèle *Sugarscape* de base, développé par J. M. Epstein et R. Axtell dans "*Growing Artificial Societies*"). Les exemples de variables et de règles ne sont qu'illustratives du type

⁴⁰ (leur introduction, pp. 1-2).

⁴¹ Pour reprendre la liste de J. M. Epstein et R. Axtell (p.2).

⁴² J. M. Epstein et R. Axtell (p.4).

d'hypothèse qu'implique une simulation de l'évolution d'un système social selon une telle approche⁴³. Une même formalisation peut recourir à des règles multiples au long de la période de simulation⁴⁴.

Représentation d'une société à une seule ressource

Source : Epstein Joshua M. Axtell Robert (1996) *Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up*, Brookings Institution Press, Washington D.C., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts & London, England.

ENVIRONNEMENT

Représentation spatiale

Nombre de sites

Structure spatiale (ex : en treillis bi-dimensionnel vu comme un tore)

Variables d'état de chaque site

Niveau de ressource

Capacité de ressource

Règles d'évolution sur chaque site

Croissance et reconstitution de la ressource (ex : taux de croissance exogène par unité de temps du niveau de la ressource, identique sur chaque site, jusqu'à ce que la capacité du site soit atteinte)

AGENTS

Effectif de la population

Variables d'état

Variables d'état invariables (ex : nécessité de la ressource, voisinage pris en compte)

Variables d'état variables (ex : localisation, niveau de ressource disponible)

Règles de comportement et dévolution

Règle de déplacement selon l'information disponible (ex : se déplacer vers le site dont la dotation en ressource est la plus élevée parmi les sites pris en compte par l'agent, et qui soit encore accessible)

Règle d'évolution des ressources (ex : augmenter ses ressources initiales du montant trouvé dans le nouveau site puis les diminuer de la consommation nécessaire fixée par une des variables d'état)

Règle d'évolution de la population (ex : un agent dont les ressources passent en dessous d'un seuil déterminé pour chaque agent, disparaît)

L'approche de J. M. Epstein et R. Axtell appelle quelques remarques.

⁴³ D'autres phénomènes sociaux sont introduits dans cette "société artificielle" : la pollution, les migrations, les échanges culturels et commerciaux, la dynamique démographique. Notre objet n'est pas ici de passer en revue les différents domaines potentiellement justifiables de l'approche, tous les phénomènes sociaux le sont *a priori*, mais de caractériser la démarche générale retenue.

⁴⁴ Chaque agent est doté d'une centaine de méthodes ou règles de comportement dans la représentation proposée par J. M. Epstein et R. Axtell.

Le modélisateur dispose d'une grande liberté pour spécifier la représentation d'un système social. La structure spatiale qui définit largement les modes d'interaction possible entre les agents est ici de type treillis, mais d'autres modes de structuration de l'espace peuvent être retenus. Le modélisateur doit choisir le niveau et le degré de disparité des ressources entre sites, le degré d'hétérogénéité entre les agents quant à leurs dotations en ressources mais aussi quant à leurs capacités cognitives et à la sophistication de leur comportement.

Partant d'une représentation très simplifiée, telle que celle qui est résumée dans l'encadré, une modélisation plus complexe peut s'appuyer sur des hypothèses alternatives ou complémentaires, ce que font J. M. Epstein et R. Axtell : une diversité des ressources, la démographie de la population, la croissance des ressources selon les sites, la constitution de groupes sociaux, les échanges de ressources, la résolution de conflits avec les voisinages. Ces hypothèses et les règles de comportement ou d'évolution, qui peuvent être diversifiées à l'infini, seraient arbitraires si elles n'étaient pas justifiées par une analyse préalable. Cependant, l'objection tombe s'il ne s'agit pas d'établir des prospectives, mais plutôt de faire fonctionner la modélisation comme un "laboratoire" permettant de tester l'incidence sur l'évolution d'un système social d'hypothèses alternatives.

Les simulations mettent en évidence la production de phénomènes sociaux par des décisions décentralisées. Ainsi, déjà dans les représentations les plus simples de J. M. Epstein et R. Axtell, peuvent être mis en évidence le regroupement des agents sur les sites les mieux dotés en ressource même sous des hypothèses de capacité cognitive limitée, et l'incidence du mode de régénération de la ressource sur la mobilité des agents et leur localisation.

Plus précisément, les simulations indiquent l'émergence de structures, de normes dans une acception très générale. C'est le cas par exemple, toujours avec une représentation des plus simples, de la distribution inégale des richesses⁴⁵. L'interprétation d'un tel résultat doit cependant être prudente. J. M. Epstein et R. Axtell nous le présente comme la seule production de l'interaction locale des agents et un exemple d'auto-organisation. Mais la production de cette "structure" repose sur une série d'hypothèses qui, selon nous, sont déjà "structurelles" : la répartition initiale des ressources "en terrasses" (de même niveau de dotation), la relation entre l'étendue de la vision des agents (la distance maximum jusqu'où peuvent porter leurs observations à partir du site qu'ils occupent), la relation entre la consommation individuelle de ressource et les capacités existantes, les répartitions uniformes initiales des agents selon les sites, une population constante,... toutes hypothèses dont il faudrait apprécier l'impact sur le résultat. On retrouve l'un des objets de l'approche en termes de complexité de repérer la combinaison minimale d'hypothèses conduisant à un résultat donné⁴⁶. Cette question n'a pas seulement des implications "techniques" en vue de la reproduction des résultats.

Résultats illustratifs de l'approche multi-agents

L'approche en termes de simulations multi-agents a donné lieu à une multitude de travaux dans des domaines très variés. On reprend seulement ici plusieurs recherches qui nous paraissent illustratives de ses apports pour l'analyse économique des normes.

Les interactions sociales peuvent prévaloir sur la rationalité des acteurs

⁴⁵ D'autres exemples sont fournis par *Growing...* : une migration collective vers les sites les mieux dotés en ressource, dans une direction interdite aux déplacements individuels.

⁴⁶ On peut par exemple se demander si le résultat d'une répartition inégalitaire des richesses ne serait pas simplement dû à l'effet cumulé de facteurs favorables (dans le cadre de la représentation de J. Epstein et R. Axtell : longue vie, faible consommation de la ressource, longue portée des observations), chaque facteur favorable ne pouvant à lui seul compenser la faiblesse d'autres facteurs. Le résultat pourrait alors être banal et sans lien avec une interprétation en termes d'auto-organisation.

La différenciation des individus peut, dans des contextes favorables, conduire à relativiser l'importance des hypothèses de rationalité. Les interactions entre individus entraînent la diffusion de comportements selon des modalités qui dépendent du degré d'hétérogénéité de la population et des réseaux qui s'établissent entre individus.

La conjonction d'hypothèses de rationalité limitée chez une partie au moins de la population, de comportements rationnels pour une autre partie de la population et d'effets d'imitation peut conduire à des décisions qui globalement correspondent à un optimum social, alors même qu'une large partie de la population ne suit pas un comportement rationnel.

C'est le résultat auquel aboutissent Axtell et Epstein qui s'interrogent sur les délais d'ajustement des décisions individuelles de départ à la retraite à la suite d'une mesure d'abaissement de l'âge légal de la retraite. Les effets d'imitation induits par les interactions sociales, suppléent les limites de la rationalité individuelle en permettant progressivement un alignement des comportements individuels, même si cela prend du temps (30 ans selon des données empiriques citées par les auteurs pour que le mode de la distribution des âges de départ à la retraite passe de 65 ans, âge légal initial, à 62 ans, âge légal fixé par les pouvoirs publics)⁴⁷.

L'hypothèse de rationalité limitée s'avère alors moins importante que la représentation que l'on se donne de la différenciation des comportements des individus⁴⁸.

Au-delà des hypothèses restrictives qui peuvent conduire à de tels résultats⁴⁹, il reste que la différenciation de la population (ici entre "rationnels", "irrationnels" et "imitateurs", implique de ne pas se focaliser sur les seules hypothèses de rationalité : les interactions sociales, quelle que soit la fortune du calcul rationnel, conduisent à des choix qui peuvent aussi bien s'approcher des anticipations d'un optimum social (cas évoqué ici) que s'en écarter (comme l'ont indiqué les travaux d'André Orléan pour les marchés financiers).

Les normes comme substitut au calcul rationnel

Un modèle de J.M. Epstein explicite une des caractéristiques principales attachées aux normes, leur caractère auto-renforçant, (J.M. Epstein, 2001). On se conforme aux normes comme à des routines, sans y penser. Dans la tradition ouverte par Lewis, les conventions sociales sont des régularités de comportement qui s'auto-renforcent et que l'on suit sans y réfléchir. L'utilité principale des normes sociales tient à l'économie de calcul rationnel qu'elles permettent aux individus. Cette économie de temps et de calcul est un indicateur de la force d'une norme sociale.

Les normes sociales comme une économie de calcul rationnel

Source : Epstein, J. M. (2001). "Learning to Be Thoughtless: Social Norms and Individual Computation". *Computational Economics*, 18, 9-24.

On raisonne sur une population composée d'un nombre fini d'individus. Des voisinages, de dimension variable, sont définis pour chaque individu. Si l'on suppose que les individus sont disposés sur un anneau et que le voisinage d'un individu donné est fixé par un "rayon" r , cela signifie que cet individu observe les comportements de r individus à sa gauche et de n individus à sa droite.

⁴⁷ Axtell R.L. et Epstein J.M. (1999).

⁴⁸ "Perhaps the main issue then is not how much rationality there is (at the micro level), but how little is enough to generate macro-level patterns in which most agents are behaving "as if" they were rational, and how various social networks affect the dynamics of such patterns", (Axtell et Epstein, 1999).

⁴⁹ On part d'une situation optimale, la mesure de politique sociale à laquelle réagissent les individus est exogène, la décision optimale au niveau individuel est connue; le mode d'imitation choisi, la constitution des réseaux est conçue comme un ensemble de listes aléatoires.

Les termes de la décision sont binaires puisqu'il s'agit de choisir entre deux normes concurrentes. Initialement chacun suit une des deux normes. Les choix des individus évoluent au gré de rencontres, générées aléatoirement, avec les autres individus selon deux règles de comportement :

Règle de comportement 1 : évolution du voisinage pris en compte.

Chaque individu observe dans son rayon d'observation la répartition des choix entre les deux normes concurrentes.

Soit les deux fréquences sont différentes et alors le rayon d'observation est augmenté de 1 : devant l'incertitude introduite par ces différences d'information, il préfère élargir son domaine d'observation.

Soit les fréquences sont identiques, et l'individu cherche alors à limiter son effort en réduisant son rayon d'observation ; si la répartition des choix de ses voisins est la même lorsque le rayon d'observation est réduit de 1, alors l'individu réduit effectivement son rayon d'observation, sinon il le maintient à son niveau initial.

Cette règle signifie que plus une norme est diffusée dans la population, moins il sera nécessaire d'observer le comportement d'autres individus, plus le rayon d'observation nécessaire aux choix individuels sera réduit et moins la décision des individus sera coûteuse en effort d'information.

Règle de comportement 2 : le choix entre les deux normes alternatives.

Les individus choisissent la norme qu'ils vont suivre selon une stratégie de meilleure réponse (*Best reply*), et se conforment au choix majoritaire dans leur voisinage.

Il est par ailleurs admis que selon une probabilité donnée un individu puisse choisir une norme au hasard.

Les règles de comportement (règles de comportement 1 et 2) indiquent un double apprentissage : sur le choix de la norme qu'ils vont suivre, mais aussi sur l'effort de raisonnement nécessaire à la formulation de leur choix. Une relation réciproque est donc établie entre les choix individuels et les interactions structurées en voisinage. La dynamique sociale, ici la répartition de la population entre les deux normes alternatives, est donc définie par les évolutions simultanées de l'organisation des interactions entre individus et des comportements individuels.

Trois paramètres caractérisent les simulations successives à partir de ces règles de comportement :

- La part d'aléa introduite dans les choix individuels, c'est-à-dire la probabilité qu'un individu choisisse une norme au hasard (le "niveau de bruit");
- Le niveau d'effort d'information, ou "rayon d'observation", maximum admis pour chaque individu ;
- Les seuils de tolérance acceptés pour admettre que le changement du rayon d'observation apporte ou non une information supplémentaire.

Les simulations suivent deux indicateurs de l'évolution du système : la répartition de la population entre les deux normes et le rayon d'observation moyen. Une période de temps correspond à n (nombre d'agents) tirages aléatoires à l'issue desquels les indicateurs sont calculés.

Les principaux résultats produits par ces simulations sont les suivants :

1. Plusieurs normes sont susceptibles de cohabiter à long terme;
2. Les groupes d'individus soutenant chaque norme se segmentent selon une configuration stable à long terme;
3. La réduction du rayon d'observation, et donc de l'effort d'information, et le renforcement d'une norme vont de paire;
4. Les individus "au cœur" d'un groupe soutenant une norme ont moins d'effort d'information à produire que ceux qui se situent à la périphérie du groupe, c'est-à-dire que les individus qui comptent parmi leurs "voisins" des soutiens à une norme concurrente.

5. Un aléa constant dans les décisions individuelles empêche au delà d'un certain seuil la stabilité de long terme des segmentations entre individus selon le choix des normes.
6. Un aléa temporaire des décisions individuelles perturbe momentanément les segmentations entre individus et fait passer d'une configuration stable à une nouvelle configuration stable.

Un des enseignements principaux de ce modèle est que la cohésion sociale facilite l'adoption des normes. Lorsque les individus fondent leur décision sur l'observation des choix de leur entourage, plus la cohésion sociale sera forte sur l'adoption d'une norme, plus la population environnant l'individu sera homogène sur ce critère et moins les individus seront incités à multiplier leurs observations. Leurs choix de suivre ou non la norme seront donc plus simples.

C'est ce que confirment les simulations de J.M. Epstein, sans hypothèse de structuration sociale, mais à partir du seul processus d'apprentissage de chaque individu. La dimension du voisinage pris en compte est une variable strictement individuelle et fluctue selon la diversité des opinions, jusqu'à se réduire au minimum.

La segmentation de la population à laquelle on parvient est "endogène" et produite par les interactions. Elle indique une répartition stable à long terme de la population entre des normes alternatives, qui ne se fonde pas sur des liens de simple proximité spatiale. Elle est d'une nature différente et sans lien explicite avec celle qui est inscrite dans les voisinages.

On pourrait supposer qu'au lieu de partir d'une situation initiale où les voisinages sont aléatoires, ces derniers soient organisés dans un rapport avec la norme. Ici les voisinages interviennent dans le choix de la norme parce que chaque individu suit le choix dominant dans son voisinage, mais les voisinages sont construits initialement indépendamment de l'adhésion à la norme. De fait cette question est traitée de la façon suivante dans le modèle d'Epstein : on peut considérer que la distribution aléatoire des voisinages et des rayons d'observation pour un état initial amorce une première phase qui est celle de l'émergence des normes. A l'issue de cette phase la population se répartit de façon stable entre les normes alternatives. Le rayon d'observation est à son minimum (c'est-à-dire 1) pour l'ensemble des individus, sauf ceux qui sont en contact avec des individus adhérant à une norme différente.

Distances et différenciations sociales

Le modèle de R.L. Axtell, J.M. Epstein et H.P. Young, porte sur la répartition de la propriété⁵⁰, le partage entre des normes discriminatoires et des normes d'équité. La qualification des normes suppose que la population soit différenciée selon des classes. Ce modèle se propose de simuler l'émergence des classes et des normes qui s'imposent selon le contexte de différenciation d'une population.

Il s'agit d'un modèle de marchandage où à chaque période, deux individus tirés au hasard sont confrontés à un partage de propriété. Ils décident en fonction d'anticipations fondées sur des signes de différenciation (les « tags ») qui *a priori* n'ont pas de signification économique ou sociale. Le jeu joué à chaque période est un jeu de demande où chacun des deux acteurs doit revendiquer une part en % de la propriété. Si la somme des deux parts est inférieure ou égale à 100, les deux demandes sont satisfaites, sinon, les deux joueurs ne gagnent rien. Les demandes sont limitées pour simplifier à trois éventualités : 30, 50 ou 70 %. Le jeu admet trois équilibres de Nash correspondant à des demandes compatibles et répartissant intégralement la propriété (30,70), (50,50), (70,30).

Chaque agent conserve une mémoire des rencontres passées qui lui sert à fonder ses anticipations. La règle de construction des anticipations consiste simplement à estimer à une période donnée les fréquences des

⁵⁰ R.L. Axtell, J.M. Epstein et H.P. Young (2001).

différents choix possibles (30, 50 ou 70 %) selon les fréquences moyennes observées dans les périodes antérieures (dans les limites des m périodes qu'il garde en mémoire). On admet aussi qu'avec une faible probabilité ε , la part de propriété est revendiquée de manière aléatoire. Avec une forte probabilité $1 - \varepsilon$, chaque agent choisit sa meilleure réponse compte tenu de ses anticipations.

La dynamique du système social ainsi constitué dépend de 3 paramètres : la dimension de la population (N), la capacité de mémoire individuelle m et la probabilité d'un choix aléatoire ε ⁵¹.

L'hétérogénéité des acteurs est produite par leurs expériences différenciées qui fondent les représentations du comportement des autres acteurs et les anticipations. Par ailleurs, ces représentations peuvent s'écarter fortement du comportement effectif de l'ensemble des acteurs. Une norme sociale est atteinte lorsque la mémoire des comportements des acteurs se stabilise, ce qui entraîne aussi la stabilisation des actions et la confirmation des anticipations. En l'absence de différenciation entre les acteurs, la norme d'équité (50,50), est le seul équilibre du jeu et le point stable de la dynamique du système⁵². L'introduction d'une part d'aléa dans les comportements rend possible une déstabilisation de l'équilibre, ou une instabilité chronique, mais le système reste le plus souvent dans un état correspondant à la norme d'équité (il est nécessaire pour cela que la taille de la population et que l'étendue de la mémoire soient suffisantes et que le paramètre ε soit assez faible) : cet équilibre est stochastiquement stable. Le passage à cette norme peut cependant prendre très longtemps.

La différenciation des acteurs, même si *a priori* elle n'a pas de signification sociale, change la donne. Une différenciation minimale (les *tags*) fait que la référence de base pour les anticipations n'est plus la collection des actions passées et mémorisées, mais le comportement prêté aux groupes différenciés. Les actions antérieures fondent l'interprétation du comportement des différents groupes, mais désormais, dans chaque confrontation c'est l'appartenance à un groupe signalée par un *tag* qui est déterminante. Ces groupes n'ont d'existence, au moins initialement, que par le signe extérieur de différenciation qui leur est imposé.

Une répartition des individus en groupes permet la distinction de deux types d'équilibre : les équilibres entre les groupes et les équilibres à l'intérieur des groupes. Axtell, Epstein et Young, définissent l'équilibre entre les groupes par la stabilisation des mémoires des actions passées et des attentes sur des revendications compatibles : lorsque les membres de deux groupes différents sont confrontés, ils revendiquent l'un une proportion x de la propriété, et l'autre une proportion $1-x$. Un équilibre « intergroupe » est atteint lorsque la mémoire des actions passées et les anticipations sont telles que deux individus d'un même groupe revendiquent de façon stable une répartition égale (50, 50) de la propriété⁵³.

Sous certaines conditions (m et N/m grands), on peut montrer qu'un équilibre stochastiquement stable existe et qu'il correspond à une répartition équitable (50,50) aussi bien entre les groupes que pour chaque groupe, et qu'il est observé avec une très forte probabilité si ε est suffisamment faible. Cela n'empêche pas l'existence d'équilibres inéquitables et éventuellement des états instables persistants⁵⁴.

Selon les conditions initiales, une norme d'équité peut prévaloir à l'intérieur des groupes, en même temps qu'une norme inéquitable entre les groupes. Cette configuration fige une relation hiérarchique entre les groupes et une segmentation en classes. Il est également possible, toujours selon les conditions initiales, qu'une segmentation entre classes émerge et qu'apparaissent des normes distinctes au sein d'un même groupe.

⁵¹ Ces paramètres définissent un processus de Markov.

⁵² R.L. Axtell, J.M. Epstein et H.P. Young (2001 ; p.196).

⁵³ Ce qui introduit l'hypothèse supplémentaire que le groupe fonctionne selon un modèle égalitaire et non hiérarchique.

⁵⁴ (Axtell et alii, 2004 ; p.202) et (Young, 2003).

Interactions situées dans une organisation hiérarchique : apprentissage social « vertical »

un

On progresse en réalisme lorsque les interactions entre individus sont inscrites dans une organisation sociale et qu'elles ne sont plus simplement des rencontres entre collections d'individus différenciées ou non. On peut alors s'interroger sur les relations qui peuvent s'établir entre des systèmes sociaux et les normes qui émergent. On admet l'existence d'une structuration sociale qui dépasse les seules interactions entre individus.

Les travaux de J.E. Harrington suivent cette voie dans le contexte particulier d'organisations hiérarchiques. Les différenciations entre individus sont repérées par leur place dans ces organisations, et l'appartenance à un niveau hiérarchique donné a un sens en termes de pouvoir mais aussi d'aspiration et d'imitation du comportement.

Le résultat principal de l'analyse de J. E. Harrington est que dans un système social organisé de façon hiérarchique et où les individus imitent ceux qui réussissent à s'élever dans cette hiérarchie, les comportements les plus rigides (c'est-à-dire les moins réactifs aux variations de leur environnement) apparaissent plus fréquemment, sont les plus résistants, et émergent plus souvent comme norme. Plus précisément, J.E. Harrington montre que si un système social hiérarchique a suffisamment de niveaux, alors son niveau le plus élevé sera dominé par des agents dont le comportement est relativement insensible à l'environnement (Harrington, 1999; p.42).

Le processus dynamique qui conduit à la formation des normes comprend ici deux composantes qui interagissent de façon complexe: la sélection et l'apprentissage des individus, qui porte sur des règles de comportement qui ne sont pas directement observables⁵⁵ mais seulement inférées des décisions constatées. De plus, l'apprentissage ne se fait pas entre égaux mais dans une société hiérarchisée où les agents apprennent de ceux qui sont au-dessus d'eux. L'émergence et la consolidation des normes sont alors fondées sur le croisement de plusieurs critères, qui peuvent être contradictoires, d'appréciation des comportements : leur lisibilité, la facilité à les imiter⁵⁶, leur cohérence, leur efficacité apparente pour franchir les échelons de la hiérarchie.

Une telle approche contribue à expliciter deux critères d'efficacité des normes : leur capacité à s'imposer et à se diffuser, et leur durabilité. Le fait de se concentrer sur des logiques internes aux organisations conduit à privilégier dans cette analyse le premier critère d'efficacité car la question de la concurrence entre systèmes sociaux alternatifs n'est pas posée. Si, *a priori*, l'instabilité de l'environnement favorise la réussite des agents "flexibles", la flexibilité ne sera pas nécessairement imitée. Dans une organisation hiérarchisée, c'est la constance des comportements qui semble prévaloir, et un environnement plus volatile permet aussi de mieux différencier les agents qui ont un comportement rigide, ce qui accroît la fidélité à la règle rigide. Le poids de l'organisation hiérarchique peut donc très bien faire que l'instabilité du contexte des comportements individuels conduise paradoxalement à la prévalence d'une norme rigide. Mais la prévalence d'une norme rigide peut très bien entraîner une crise de l'organisation sociale en l'écartant de normes économiquement plus efficaces.

Représentations alternatives des interactions

⁵⁵ La règle de comportement de l'individu est une information privée et la possibilité d'un mode de comportement d'un agent d'être imité se définit au fur de ses actions.

⁵⁶ On imite plus facilement des gens prévisibles que des gens plus subtiles ; on pourrait trouver des contre exemples, surtout quand les agents rigides sont incompréhensibles, leurs comportements à la fois rigides, complexes ou indéchiffrables.

Les hypothèses retenues pour organiser les interactions sont déterminantes pour la forme et la nature des structures émergentes : le choix de représentations alternatives et la spécification d'une représentation donnée.

Les simulations de modèles multi-agents peuvent s'appuyer sur des représentations diverses des réseaux d'interaction sociale, F. Amblard⁵⁷. Mais chacune de ces représentations indique des options différentes sur un certain nombre de critères : la construction du réseau exogène ou endogène aux interactions, la relation entre les éléments de différenciation des individus et la structure du réseau.

Selon les représentations choisies, les interactions sociales prennent un sens différent : centrées sur les choix individuels avec des positions données et une conception spatiale des voisinages (automates cellulaires); caractérisées par des densités plus ou moins fortes non ordonnées (graphes aléatoires) ou ordonnées (graphes réguliers), spécifiées selon leur distance maximale et leur capacité au regroupement (graphes représentatifs des *Small Worlds*); fondées sur des appariements d'individus, la construction de cohérences entre relations inter-individuelles, ou des indicateurs variables de distance.

La question se pose alors de la robustesse des propriétés d'émergence à des hypothèses alternatives de représentation des interactions sociales.

Pour une représentation donnée des interactions sociales, des simulations numériques selon des valeurs variables de paramètres permettent, à défaut d'un modèle analytique, de tester l'impact d'hypothèses alternatives. Ainsi, dans le modèle déjà évoqué de R. Axtell et de J. Epstein⁵⁸, l'émergence de la norme (ici l'âge "normal" de départ à la retraite) s'avère sensible à trois séries de paramètres :

- la répartition des individus selon la rationalité de leur comportement (ici entre "rationnels", "irrationnels" et "imitateurs");
- les conditions du processus d'imitation (ici la fréquence minimum que doit atteindre un comportement pour être suivi);
- la qualification du comportement "irrationnel" (ici la probabilité du choix irrationnel);
- la dimension et la composition des réseaux relativement aux critères déterminants dans la décision (ici, cette variable est l'âge; la dimension est indépendante de cette variable, mais l'extension du réseau lui est liée).

Robert Axtell indique dans une autre contribution⁵⁹ l'importance des hypothèses retenues dans la représentation des interactions et du processus de décision des individus⁶⁰, et comment elles sont décisives dans l'émergence de structures.

Ainsi, lorsque les réseaux d'interaction entre individus ne sont plus représentés selon des graphes aléatoires mais par des graphes réguliers. Les réseaux ne sont alors plus construits au hasard pour chaque individu mais ordonnés selon un critère (ici la proximité relativement à l'âge). Le temps d'adaptation à une nouvelle norme est alors abaissé et les modalités de diffusion d'une norme sont modifiées. Une autre représentation sous forme de *Small Worlds* (avec des effets de localisation et une distance réduite entre les individus) donne des résultats intermédiaires.

⁵⁷ F. Amblard distingue trois grandes catégories de modélisation des interactions sociales, sachant que les approches sont souvent une combinaison de ces modélisations : les modèles "théoriques" (automates cellulaires, graphes aléatoires, réseaux de type "Small Worlds", réseaux à échelle variable), modèles "statistiques" (modèles de type Holland-Leinhardt, modèles de distance ou de construction de relations inter-individuelles), [F. Amblard (2002)].

⁵⁸ R.L. Axtell et J.M. Epstein (1999).

⁵⁹ [R. Axtell (2001).

⁶⁰ Il indique par ailleurs que c'est la faiblesse des hypothèses retenues en économie sur les modes de cognition individuels qui reporte sur la représentation des interactions l'essentiel de l'attention.

L'enjeu de la clarification des modes de représentation des interactions entre individus n'est pas seulement d'explicitier les réseaux et l'organisation sociale pertinents. Elle concerne aussi la spécification des processus de décision, les influences asymétriques entre agents, les éventuelles hiérarchies.

Conclusion

Les simulations multi-agents captent des éléments essentiels de l'analyse économique des normes, comme les interdépendances entre la rationalité des acteurs et la force de la norme : la norme comme référence de comportement « économisant » le calcul rationnel. Elles indiquent plus largement des processus d'émergence de phénomènes sociaux irréductibles aux actions individuelles.

Relativement aux modèles « analytiques », les simulations multi-agents apportent un gain en matière de réalisme des hypothèses de comportement individuel et d'interaction. Il se paye cependant d'une moindre capacité à démontrer des résultats rigoureux. Mais la méthode SMA a le grand avantage de pouvoir s'appuyer sur des données d'enquête ou plus largement sur des observations empiriques susceptibles de fonder les règles de comportement prêtées aux agents.

Si l'intérêt des simulations multi-agents est de pouvoir tester l'impact d'hypothèses alternatives et donc de conditions initiales différentes sur l'évolution du système social, on peut aussi envisager une utilisation plus prospective. Une étape préalable importante devrait être alors de construire des conditions initiales cohérentes et "réalistes". Il en est de même pour les hypothèses relatives aux interactions entre agents⁶¹. De fait, les modèles de simulation en termes de systèmes multi-agents recourent souvent à des tirages aléatoires, qui peuvent cependant être plus ou moins contrôlés⁶².

Au-delà de la flexibilité et du réalisme des modèles, la question est posée de la pertinence d'une méthode qui se limiterait à introduire l'une après l'autre des hypothèses présentées comme indépendantes. Il s'agit d'un approfondissement nécessaire de la méthode de simulation multi-agents considérée présentée comme une méthode d'analyse en "laboratoire" des systèmes sociaux. Ce risque peut être évité si la représentation sociale que le modélisateur se donne préalablement aux simulations est explicitée.

Or les réseaux sociaux sont d'abord produits par les interactions entre agents⁶³. Ils s'établissent à partir de la répartition initiale des individus, des hypothèses sur le voisinage observé (les voisinages de type Von Neumann ou Moore par exemple), de la répartition initiale des dotations en ressources et des règles de mobilité appliquées. Ce sont d'abord les caractéristiques individuelles qui créent les segmentations "sociales". La signification de ces réseaux sociaux est alors assez particulière : ils s'avèrent très instables et sont reconfigurés au gré des déplacements individuels et des proximités qui émergent.

Les approches institutionnalistes auraient plutôt tendance à prendre les réseaux sociaux comme des données et à observer leur implication en termes de comportement. Cette distinction est peut-être atténuée si on ne considère pas que les réseaux sociaux sont définis à l'issue de chaque cycle de décision et si on garde la trace des voisinages fortuits : appartiendraient alors à un même réseau social, tous les agents qui à une période quelconque ont été dans le même voisinage.

⁶¹ J.M. Epstein et R. Axtell (1996) distinguent deux modes d'interaction. Les interactions indirectes tiennent à ce que les agents doivent agir en fonction d'un environnement local (notamment les ressources disponibles) qui est le résultat de décisions d'autres agents. Les interactions directes sont liées à des échanges de marchandises ou tiennent à des relations de voisinage. Ces distinctions nous semblent reposer sur un critère différent de ceux de Manski évoqués dans la section précédente (Manski, 2000) et concerner la possibilité d'individualiser ou non les interactions dans un système social.

⁶² Le tirage aléatoire est habituellement pratiqué dans la réalisation des interactions entre agents, par exemple pour définir l'ordre dans lequel les sites sont explorés par les agents ou pour déterminer l'ordre dans lequel ils se déplacent. Il est aussi nécessaire d'évaluer comment ce choix *a priori* uniquement technique peut influencer sur les résultats des simulations.

⁶³ J. M. Epstein et R. Axtell (1996), pp.37-41.

La question de l'organisation des interactions sociales reste cependant entière, même si l'outil que constituent les modèles de simulation est assez souple pour permettre d'introduire des hypothèses alternatives et des éléments de structuration sociale prédéfinis. Il est notamment important de pouvoir introduire des hiérarchies dans la représentation des différents réseaux d'échange.

La signification des règles de comportement attribuées aux agents devrait être précisée. On devrait en particulier indiquer des bouclages entre ces règles et les normes produites par les interactions sociales. On touche aussi à cette question lorsque, à la suite d'interactions entre agents et entre les agents et leur environnement, l'environnement est modifié. D'autres règles devraient alors être utilisées par les agents. Cette production des règles locales selon l'évolution de l'environnement est indiquée comme un prolongement possible par J. M. Epstein et R. Axtell⁶⁴. La méthode actuelle fonctionne plutôt comme les modèles macroéconomiques dont les projections nous alertent sur les conséquences de la poursuite de comportements ou de politiques publiques ; on est alors incité à des réformes ou à modifier nos comportements.

Bien que l'approche multi-agents se présente comme étant de type *bottom-up*, allant des comportements des individus et de leur interaction vers les phénomènes sociaux, elle peut être tout autant considérée comme *top down* dans la mesure où elle peut aussi viser à indiquer comment il est possible de rendre compte de phénomènes sociaux à partir de règles simples de comportement affectées aux individus. Rejoignant l'analyse des systèmes complexes, il s'agit alors d'explicitier quelles sont les règles minimales qui permettent d'engendrer des macro-phénomènes observés. L'histoire que racontent les simulations peut alors être en partie prédéfinie. En cela on s'écarte d'approches évolutionnistes où la part de l'aléatoire est beaucoup moins contrôlée. La « surprise » de l'émergence vient ici de ce que des règles "locales" *a priori* incapables de produire les macro-phénomènes analysés, permettent cependant de les simuler grâce aux interactions spatio-temporelles qu'elles entraînent. Elle ne vient pas du phénomène social qui serait totalement imprévu. Si on peut parler de laboratoire, c'est au sens où il s'agit de tester la capacité de règles locales alternatives d'engendrer des phénomènes sociaux identifiés et stylisés ; ces tests peuvent concerner des règles représentant un type de comportement, les paramètres qui spécifient une règle donnée, la combinaison avec d'autres règles.

⁶⁴ J. M. Epstein et R. Axtell (1996 ; p. 163).

Bibliographie

- Akerlof G. A. (1997) Social distance and social decisions, *Econometrica*, vol.65 (n°5, september), p.1005-1027.
- Amblard F. (2002) Which ties to choose? A survey of social networkw models for agent-based social simulation, *Proceedings of the 2002 SCS International Conference On Artificial Intelligence, Simulation and Planning in High Autonomy Systems*, Lisbon, Portugal, April, p. 253-258.
- Axelrod R. (1997) *The Complexity of Cooperation. Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton Studies in Complexity, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Axelrod R. (2003) Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences, forthcoming in the *Japanese Journal for Management Information Systems*, August.
- Axtell R.L. (2000) Effects of Interaction Topology and Activation Regime in Several Multi-Agent Systems, mimeo *Center on Social and Economic Dynamics*, Working Paper n°12, july.
- Axtell R.L., Epstein J.M., (1999) Coordination in Transient Social Networks : An Agent-Based Computational Model of the Timing of Retirement, mimeo *Center on Social and Economic Dynamics*, Working Paper n°1, may.
- Axtell R.L., Epstein J.M., Young H.P. (2001) The Emergence of Classes in a Multi-Agent Bargaining Model, in Durlauf Steven N., Young P. H. 2001.
- Blume L.E., Durlauf S.N. (2001) The Interactions-Based Approach to Socioeconomic Behavior, in Durlauf S. N., Young P. H. 2001.
- Bonabeau E. (2002) Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems, *Proceedings of NAS*, vo.99, suppl.3, may 14, p. 7280-7287.
- Bowles S. (2004) *Microeconomics. Behavior, Institutions, and Evolution*, Russel Sage Foundation, New York, Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Cioffi-Revilla C. (2002) Invariance and universality in social agent-based simulations, *Proceedings of NAS*, vo.99, suppl.3, may 14, p. 7314-7316.
- Durlauf S.N. (2000) A Framework for the Study of Individual Behavior and Social Interactions. », *Mimeo Department of Economics, University of Wisconsin, Madison*. August 27.
- Durlauf S. N., Young P. H. (2001) *Social Dynamics*, Brookings Institution Press. Washington, D.C.
- Elster J. (1989) Social Norms and Economic Theory” *Journal of Economic Perspectives*. 3, p. 99-117.
- Epstein, J.M. (2001) Learning to Be Thoughtless: Social Norms and Individual Computation, *Computational Economics*, 18, p. 9-24.
- Epstein J.M. Axtell R. (1996) *Growing Artificial Societies. Social Science frm the Bottom Up*, Brookings Institution Press, Washington D.C., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts & London, England.
- Harrington Jr, J.E. (1999) Rigidity of Social Systems, *Journal of Political Economy*, vol.107 (n°1), p.40-64.
- Manski C.F. (2000) Economic Analysis of Social Interactions, *Journal of Economic Perspectives*, 14, p. 115-36.
- Schelling T.C. (1978) *Micromotives and Macrobehavior*, W.W. Norton & Company, New York, London.
- Sugden R. (1989) Spontaneous Order, *Journal of Economic Perspectives*. 3, p. 85-97.
- Tesfatsion L. (2001) Introduction, *Computational Economics*, 18, p. 1-8.
- Tesfatsion L. (2002) Agent - Based Computational Economics, *ISU Economics Working Paper N°1*, July.

- Young H.P. (1998), *Individual Strategy and Social Structure*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Young H.P. (1996) The economics of convention, *Journal of Economic Perspectives*. 10, p. 105-22.
- Young H.P. (1993) The Evolution of Conventions, *Econometrica*, 61, p.57-84.